綠肥作物栽培應用技術

行政院農業委員會農業試驗所 編印

綠肥作物栽培應用技術

主　　編　　陳武雄
林俊義
蔡武雄

執行編輯　　王鐘和
黃維廷
吳婉麗

中華永續農業協會　編印

中　華　民　國　九　十　年　十　二　月

目　　錄

序一　(陳武雄)

序二　(林俊義)

頁次

1.土壤健美操大地更清新—台灣地區綠肥作物推廣之回顧與展望(洪偉屏)......1

2.綠肥種類與利用(黃伯恩)......7

3.綠肥作物推廣利用成果(賴文龍)......11

4.綠肥對作物生長與土壤肥力之影響(蔡宜峰)......15

5.提升綠肥作物用途(張明暉)......23

6.綠肥在有機農業之應用(王鐘和)......31

7.豆科綠肥作物的固氮及接種根瘤菌的方法(楊秋忠)......39

8.輪作制度中綠肥田菁的色與功能(王鐘和)......43

9.綠肥油菜之應用技術(林毓雯)......57

10.水田綠肥作物滿江紅(簡宣裕)......61

11.豆科綠肥作物新品種—綠肥大豆台南 4 號(連大進)......77

12.茶園綠肥---魯冰(林木連)......83

序一

台灣地狹人稠，資源有限，為滿足生活所需，農地耕作指數高，土壤肥力消耗大，耕作管理稍有不當常導致生產力下降，因此維持農田永續經營，並保持良好的生產力一直為農政及農業研究單位重要的工作項目。種植綠肥作物不僅具有提供作物生長所需養分的功能，並能改善土壤的理化性質對地力的維持有正面的效果。

臺灣光復前後時期，因化學肥料稀少，且價格昂貴，故綠肥備受重視，栽培面積曾盛極一時：光復前曾多達 22 萬餘公頃，光復初期之民國 35 年尚有約 21 萬公頃。惜因一般肥培管理方式之改變，綠肥栽培面積逐漸減低，光復十年後即減至 66%，二十年後又減至 31%，三十年後再減至 14%，隨後更減至栽培盛期之約 8%。造成此種情形之原因為化學肥料肥效迅速、省工方便以及價格低廉之影響，導致農民普通忽視綠肥作物之重要性，綠肥之栽培因而逐年減少。但事實上已證明，農作物若偏重化學肥料施用，短期雖促成增產之效果，但經年累月下來，卻有地力衰退以及生態惡化等負面影響。

有鑑於此，近年來行政院農業委員會大力推行綠肥作物栽培推廣計畫，另外為因應加入 WTO 後農田休耕面積可能大幅增加，為了維持休耕田之肥力，擴大辦理休耕農田種植綠肥作物，致使綠肥種植面積至八十七年已達 4 萬 7 千餘公頃，八十九年更達 10 萬公頃左右，可謂成長迅速。中華永續農業協會為了使農友對綠肥作物的栽培及應用有正確的了解，邀請學者專家撰寫相關文稿，並編印成綠肥作物栽培應用技術專書，必能提供農友良好的參考利用，時值付梓，特為之序。

行政院農業委員會副主任委員

中華永續農業協會理事長　陳武雄　謹識

中華民國九十年十二月

序二

本省地處亞熱帶，氣候高溫多濕，土壤中有機物分解較快，土壤養分易淋溶而流失，造成土壤肥力降低，早期因化學肥料價格昂貴，多利用綠肥作物或農家自製之堆肥等以改善地力，維持農業生產，綠肥栽培面積曾多達20餘萬公頃。及至化學肥料大量增加，價格下降，普遍被利用，不但較省工且肥效較快，綠肥栽培面積急劇下降。仰賴大量化學肥料使用，雖可達到增產效果，但長年累月下來，卻產生地力衰退及生態環境惡化等負面影響。

土地為農業根本，必須加以改良及維護，而利用農田休閒期及休耕期間種植綠肥作物則為培育土壤肥力最經濟有效的方法之一，不僅可減少化學肥料的施用量，並可增加土壤中有機質含量，改善土壤物理、化學及生物性，尤其豆科綠肥作物其共生之根瘤菌可固定空氣中之氮素，增加土壤中氮素之來源，並兼具綠化美化農村景觀。另油菜等綠肥亦有充裕冬季蜜源及舒減冬季蔬菜生產過剩壓力等多項功能，實值得擴大推廣。

綠肥作物推廣必須有廉價而又充裕之綠肥種子供應，國內種子供應困難，是綠肥推廣一大瓶頸。此一問題已由種苗改良繁殖場委由國外採種或進口供應，綠肥種子來源獲得解決。又為配合加入WTO後農田休耕面積可能增加，擴大推廣休耕農田種植綠肥，以維護地力及田園景觀 ，綠肥栽培面積將會不斷成長，為提供綠肥作物的栽培及應用技術給各級推廣人員及農友參考，中華永續農業協會特別邀請學者專家蒐集本省適合栽培綠肥作物之有關資料撰寫文稿，並編印成綠肥作物栽培應用專書。時值付梓，特為之序。

行政院農業委員會農業試驗所所長
中華永續農業協會秘書長　林俊義　謹識
中華民國九十年十二月

土壤健美操 大地更清新 —
台灣地區綠肥作物推廣之回顧與展望

洪偉屏

行政院農業委員會農糧處資材科

歷年綠肥栽培與推廣情形

(一) 台灣光復初期種植概況：

在農田休閒期種植綠肥作物，爲我國傳統有效之肥田方法。台灣光復初期，百廢待舉，物資缺乏，化學肥料未能充分供應，因此，當時農作物所需之養分多仰賴農民自給之有機肥料及於農田休閒期種植綠肥作物提供。

依據「台灣農業」以及「台灣農業年報」之統計，民國三十四年至五十年代，國內綠肥作物栽培面積每年維持在十二至二十一萬公頃間，五十七年更達三００、七四六公頃之最高峰，爾後即逐漸下降。此一階段，綠肥作物種類以田菁面積最多，曾佔全部綠肥推廣面積之四０％，其次爲大豆，約達二０％。

(二) 稻田轉作至水旱田利用調整後續計畫期間種植情形：

由於國人飲食精緻化、多樣化之風尚，米食消費習慣明顯改變，爲防範稻米生產過剩，紓解糧食平準基金營運壓力，以及加入ＷＴＯ在即，有必要適度調降稻作面積並提高稻米品質，以強化國產米之競爭力。行政院農業委員會自七十三年起陸續推動「稻田轉作計畫」、「水旱田利用調整計畫」及後續計畫，稻作面積已從計畫推動前之六十四餘萬公頃調減至八十九年之三十四萬公頃，而且休耕面積有逐年增加趨勢。基於糧食安全問題、國土保安以及國民健康等考量，對釋出之稻田必須預先妥善規劃，因此，特於該等計畫中積極輔導休耕田種植

綠肥，以利農業永續經營。

依據「稻田轉作計畫」成果報告之轉作物面積結構分析，正期作休耕、種植綠肥面積，由七十三年之八・八%，躍升為八十六年度之三七・六%，成長約四・三倍。至於統計「水旱田利用調整計畫」階段種植之綠肥面積，其推行實績自八十七年之四七、九四四公頃，大幅成長至八十九年的九九、八一八公頃，增加幅度為二０八%。

(三) 推動冬、夏季休閒期種植綠肥作物之背景與成效：

民國六十年以後，受化學肥料肥效迅速、省工方便以及價格低廉之影響，導致使農民普遍忽視綠肥作物之重要性，綠肥之栽培逐年減少，遂造成七十九年台灣地區面積僅剩七、七一七公頃。事實上已證明，農作物若偏重化學肥料施用，短期雖促成增產之效果，但經年累月下來，會逐漸呈現各種公害污染、地力衰退以及生態惡化等環境破壞。

鑑於農田長期大量施用化學肥料，導致土壤有機質含量明顯不足，土壤理化性呈現劣化之結果，農委會於七十九年起，請種苗改良繁殖場（種苗場）研擬「綠肥作物栽培推廣計畫」，統籌供應國內所需之綠肥種子，同時進行綠肥品種篩選工作，以全額實物補助為誘因，透過各級農政單位與各種文宣媒體之宣導管道，籲請農民認識綠肥，進而栽培利用綠肥。經此一革新作法後，農民休閒期種植綠肥之面積逐漸增加，目前主要之綠肥作物以油菜、埃及三葉草及苕子為大宗，種子則由國外採種進口。依據近三年休閒期平均種植綠肥面積達八、九萬公頃左右，顯見已建立農民正確耕作觀念，亦提高農地合理利用與管理。而若將各綠肥適時掩埋所生產之有機質肥分換算成氮、磷、鉀三要素化學肥料量，則農民所節省之肥料成本必定具有非常可觀的經濟效益。

綠肥作物之時代意義

所謂「綠肥作物」是指：凡栽培於田間之植物，其目的為改善土壤之理化性質者，可概括稱之。若再進一步參酌中外學者文獻記載的

銓釋，綠肥作物係指種植並生長於農田一段適當時期，之後需翻犁掩埋入土壤中，以增加土壤養分與有機質，更重要的乃是可有效提高作物之產量與品質。一般而言，綠肥作物多指豆科植物，惟我國自古以來栽培種類尚包括十字花科、禾本科及田麻科等嫩脆而易腐化的作物。

綠肥作物的新角色：近年來台灣地區由於工商業之迅速蓬勃發展，農業產值與比重正逐漸下滑，加上我加入世界貿易組織（ＷＴＯ）在即，為遵守ＷＴＯ對國內農業生產補貼之規範，以及因應開放國外農產品自由進口之衝擊，整體農業結構將面臨大幅度轉變。除需擴大經營規模以降低生產成本，並輔導國內農業升級，發展高產值農產品，作為提昇我農業競爭力外，克服農產品產銷失衡問題，調整農田之複作指數等積極性作為，當是維繫我農業永續發展之必然趨勢。參酌歐、美、日本等先進國家之作法與經驗，過去對維護農田生態地力有極大貢獻的綠肥作物，將在調節作物產量、提高農產品質上，負起更為關鍵之任務。

目前國內推動綠肥作物遭遇問題

(一)　國內綠肥種子仰賴國外供應：

基於綠肥種子之採種量、機械收穫技術、乾燥儲存調製成本及收購價格等因素考量，為降低生產成本及擴大採種面積，並掌握種子來源與數量，現階段均由種苗場委託業者辦理國內品種至國外採種（田菁及油菜），或直接進口國外品種（埃及三葉草及苕子）等兩種方式並行，以利用國外廉價人力、氣候環境及適宜機械採收之有利條件穩定供應各項綠肥種子，執行至今皆能充分配合國內綠肥栽培需求。惟如何發展國內綠肥採種技術，並適當利用國內休耕田來生產，應為當前重要之課題。

(二)　休閒期綠肥方面遭遇之困難：

近年來休閒期綠肥種子費用係由農委會編列預算全額補助，農民種植意願提高，登記需求數量逐年增加，大幅超出預算，導致必須提出因應處理方式。按現行之耕作制度，介於第一期作與第二期作之夏

季休閒期短，除少數特殊作物之耕作方式，絕大部分似無利用此段期間密集種植綠肥之必要，所以自九十年度起停止辦理夏季休閒期綠肥種子之補助，農民若需要於夏季休閒期進行地力改善，由其自行價購，或由縣市政府（農會）或鄉鎮農會籌措經費補助。休閒期綠肥推廣重點則朝向冬季裡作，兼以防範冬季蔬菜產銷失衡問題。

(三) 正期作休耕田種植綠肥之推動瓶頸：

農委會自八十七年七月推動「水旱田利用調整計畫」起，農民選擇休耕種植綠肥者逐年增加，八十八年度辦理面積計達七九、七三三公頃，八十九年又提高為一０一、四０七公頃。另自八十八年第二期作起遴選桃園、新竹、苗栗等三縣轄內低產、稻米品質較差地區，宣導農民參加「集體休耕種植綠肥」之規劃性休耕試辦計畫，八十八年規劃性休耕實際種植綠肥面積為三、五七六公頃，八十九年更倍增達一０、一五六公頃。九十年並將台中縣沿海地區納入，計畫面積估計為一四、一四０公頃，九十一年起因應我國加入ＷＴＯ稻米開放進口之衝擊，將全面實施「分區輪休」，顯示正期作種植綠肥之措施越形重要。惟基本上目前適合水稻正期作種植之綠肥作物有限，除台南區農業改良場新育成之綠肥大豆台南四號外，其餘多囿於播種季節，覆蓋期短，或容易木質化等限制，無法順利推展。日後為擴大辦理休耕種植綠肥措施，亟需加強研究與選育多樣化之綠肥作物種類，供各地區農民選擇。

(四) 綠肥作物病蟲害防治問題：

由於綠肥並非現金作物，農民為減少支出，播種後缺乏田間管理，在大面積粗放栽培下，病蟲害問題卻接踵而來，尤其種植的綠肥與鄰作物或後作物之病蟲害相通時，極易發生病蟲棲息與傳播，必須預先防範。

未來發展方向

(一) 優先規劃國內辦理綠肥作物選育與採種：

若目前台南四號大豆類綠肥於國內休耕農田大規模採種可行，則除可增加休耕田之利用效益，以及發展適合國內綠肥採種新技術外，並將克服綠肥推廣種子來源不足困難。各相關試驗改良場所可蒐集台灣不同地區原有之綠肥物種種原，分別進行評估與選育工作，積極開發適合種植之正期作綠肥作物，並著重各地區之適應性及採種技術與成本等關鍵因素。而山坡地如未有妥適作物，亦可由各試驗改良場所針對多年生綠肥作物選育工作，以維護生態與水土保持。

(二) 提升綠肥作物用途

因應我國加入ＷＴＯ後農產品貿易自由化之衝擊，以及必須調降境內農業總支持之協定，未來農業將朝生產、生活、生態之「三生」目標整合發展，朝單期作之耕作模式經營，並配合辦理休耕種植綠肥等非現金作物，維護農田地力與生態平衡。同時，應正視農業之多功能性，各種農作物所獲得淨化空氣效能，具有無法排他之特性，農業景觀美化與休閒價值更存在密切關聯性，在休閒農場經營規劃或設計管理之相關規定下，均特別強調此一重點，為建立具地方特色之休閒農業，未來「農業多功能性」領域之綠色產業前景，宜朝發展具綠美化景觀功能之短期綠肥作物，俾使休耕措施與休閒農業相互結合。

(三) 研究縮短國內進口綠肥之流程：

關於國外採種部分，為縮短進口、儲運流程，防範庫存積壓，種苗場宜儘速擬妥未來綠肥種子採購與配送之改進方式，作為日後辦理此項業務之準則。

國外採種部分，由於綠肥作物經濟特性與一般作物不同，其選育命名與種子檢查相關作業流程宜適度簡化，並擬訂綠肥作物良種繁殖制度，以輔導農民休耕田辦理採種繁殖工作。另綠肥種子之供應，亦須回歸市場機制，除鼓勵於國內採種供應外，其種子售價應由自由市場供需法則調節。

(四) 區隔正期作與休閒期之綠肥種類與輔導方式：

基於糧食安全考量，同一田區不鼓勵一、二期作連續休耕種植綠肥，或常年性休耕，以符合國內主要糧食作物（水稻）生產應達到供需平衡之目標。因此，針對正期作綠肥宜選擇覆蓋期恰當、生質量多、穩定性高以及適合國內機械化採種之一年生草本植物。可加強選育擁有景觀美化與休閒價值的多用途綠肥作物，配合發展地方特色之休閒農業，建立綠肥作物與休閒、綠美化景觀多功能用途，未嘗不是一個值得參考方向。此外，休閒期綠肥宜採生育期短、適應力強及不易衍生後作物病蟲害蔓延之多樣化植物爲主。惟爲有效調降稻作生產面積，未來將以推廣種植正期作綠肥爲主，冬季休閒期綠肥爲輔，並逐漸減少休閒期綠肥之補助。

(五) 全面推廣綠肥機械化耕作技術：

爲符合並依循ＷＴＯ之規範與限制，國內生產經營結構正面臨調整與轉型，因應加入ＷＴＯ之衝擊所釋出之大量農田，在尙未有較水稻、玉米、高粱等更具競爭力之土地利用型作物取代前，綠肥作物極可能是過渡階段之選項。未來農業相關之各產業發展，精緻產業部分須以企業化、專業化方式經營；土地利用型作物則朝向擴大經營規模之型態發展。尤其台灣地區水稻插秧與收穫機械化程度已達九八％以上，而主要雜糧機械播種亦達九０％以上，可參照過去成功建立之稻作機械作業模式，發展適合國內綠肥機械耕作之技術體系，以提高農民種植綠肥意願，及簡化綠肥栽培管理。

若加入ＷＴＯ後稻作面積達成調降目標，現有水稻育苗中心與代耕組織之勞動收入將受影響，因此，對相關業者權益亦可一併列入考量規劃、輔導轉型。爲獎勵綠肥代耕中心邀攬農民集體參與休耕種植綠肥或景觀作物，考量按其代耕栽培之面積酌予補助，並請各縣市政府輔導成立綠肥代耕組織，必要時由政府提供相關農機具貸款。

綠肥種類與利用

黃伯恩

行政院農業委員會

什麼是綠肥

綠肥乃「養草肥田」，為幾千年來土地利用與農業持續發展之重要農耕技術。凡是種植一種作物，將其新鮮的植體，翻犛入土壤中作為肥料，或用來改善土壤理化性質者，均為綠肥作物。

綠肥的種類

(一) 植物學上的分類

豆科綠肥：為主要之綠肥作物，如田菁、太陽麻、紫雲英、苕子、羽扇豆及大豆類等。其根部有根瘤菌共生，能固定空氣中的游離氮素，供農作生產利用，為廉價且無污染之氮肥來源。

十字花科綠肥：如油菜、大菜、蘿蔔等。

禾本科綠肥：黑麥草、看麥娘等，一般兼作飼料用。

蓼科綠肥：蕎麥等。

(二) 生長季節及特性上分類：

夏季綠肥：田菁、太陽麻等。

冬季綠肥：油菜、埃及三葉草、苕子、大菜、紫雲英、羽扇豆等。

休耕綠肥：一、二期作休耕田種植之綠肥，如田菁、綠肥大豆台南四號等。

水生綠肥：滿江紅等。

綠肥在農業生產的作用

(一) 綠肥在農業生態系統中的作用

1. 豆科綠肥之生物固氮爲重要氮素的來源：氮素爲重要肥料，但化肥之生產需耗費大量能源，生產一噸合成氨，約需要消耗 1000 萬大卡能量。而生物固氮爲直接利用太陽能以固定空氣中的游離氮素，既省能源又具環保效益。
2. 提高土壤中磷、鉀等礦物養分之有效性：綠肥作物根系發達可深入土中，又能分解有機酸，將土壤中作物根系不能直接吸收的難溶性磷等養分釋放出來，或把深層養分集存到表層土壤中，供作物利用。
3. 改善土壤理化性：綠肥作物增加大量新鮮有機物質及有效養分，改善土壤孔隙度、通氣性、透水性，增加土壤緩衝力。
4. 增加土壤微生物活動：提供微生物的營養及能量，平衡微生物族群，避免病原菌大量繁殖，可增加植物抗病力，並有助於養分水分之吸收，促進有毒物質之分解。

淨化環境與防止污染、綠美化田園景觀，並防止水土流失。

總之，綠肥在農業生態系統具有多種功能和綜合作用，在永續農業經營管理有重要的地位。

(二) 提高農作物產量與品質：

如滿江紅爲大陸江浙一帶水稻綠肥，當期作既能增產 18.6%。後作之效益，依台南場之長期試驗研究，以五種輪作方式：水稻—大豆—玉米，水稻—田菁—玉米，大豆—水稻—玉米，高粱—宿根高粱—玉米，高粱—大豆—玉米，後作玉米之收量均以田菁綠肥後之玉米產量最高。總收益而言，以水稻—水稻爲 100，水稻—田菁—玉米爲 139。

茶葉改良場茶園綠肥試驗，在夏季種綠肥，改變茶園微氣候，試驗結果發現在改善夏，秋季茶葉化學成分方面，如葉綠素、胺基酸，可溶分和全氮含量有增加趨勢，總多元酚類則有下降現象，在製茶品質方面提高香氣滋味成效良好之情形「茶葉專訊 35」。

(三) 飼料利用價值：

利用綠肥飼養牲畜，先把綠色體中的醣類、脂肪、維生素、蛋白質及礦物質等經動物的消化而轉化爲人類能利用之畜產品如肉、蛋、乳等，再以畜糞回到農田，比直接壓青作綠肥更經濟合理。

(四)其他農村副業：

許多綠肥作物也是良好的蜜源植物，如油菜、苕子、三葉草、紫雲英等均爲重要蜜源植物，推廣綠肥兼具發展養蜂農村副業。

綠肥之利用

(一) 納入當地輪作制度

1. 高雄農改場旗南分場長期（12 年）之有機農耕法試驗，將夏季綠肥納入二年制之輪作系統，以維護地力。

	第一年			第二年	
春作	夏作	秋作	春作	夏作	秋作
R1 甜玉米	田菁綠肥	甘藍	甜玉米	水稻	毛豆
R2 毛豆	田菁綠肥	田玉米	毛豆	水稻	蔬菜

2. 南部嘉南平原重要輪作制：

春作	夏作	秋作
水稻	田菁綠肥	玉米
高梁	田菁綠肥	玉米

3. 雙期作水田地區：

中、北、東部一、二期水稻之後冬季休閒期種植油菜、苕子、埃及三葉草等綠肥作物。

(二) 休耕田種植綠肥：

一或二期稻田休耕，爲免休耕田雜草叢生，並維持可隨時復耕，及維持農田地力，乃獎勵休耕田種植綠肥。「水旱田利用調整後續計畫」，選擇低產、品質較差、無適當農特產可供輪作或倉儲困難之地區加強推動規劃性休耕種植綠肥，補助代更費用每公頃 1,000 元及綠肥種

子，輔導稻米朝向單期化生產。

(三) 敷蓋或覆蓋：

在山坡地果茶園種植覆蓋綠肥作物，保育土壤，具有良好水土保持功效。

(四) 紓減冬季蔬菜生產過賸：

以冬季綠肥取代部分蔬菜面積，減少蔬菜種植面積，紓減生產過賸壓力。

(五) 蜜源植物：

綠肥作物開花，蜜蜂在花間飛舞，是良好之蜜源植物，提供農村副業。

(六) 飼料作物：

綠肥作物通常也是良好之飼料，先作牲畜飼料，糞便再作爲肥料。

結語

農田地力之保養以種植綠肥爲最經濟有效，休耕地爲維持可耕作性亦以種植綠肥最具效益，因此，綠肥之利用爲永續農業經營管理之尖兵利器。

綠肥作物推廣利用成果

賴文龍

農委會台中區農業改良場

一、緣起

台中區農業改良場多年來配合政府執行『推動合理化施肥措施綠肥作物栽培利用推廣』計畫，得知利用冬季農田休閒期及休耕期間種植油菜、苕子、埃及三葉草等綠肥作物爲掩埋後呈現最經濟有效的土壤肥培管理方法，可減少化學肥料的施用量，增加土壤有機質含量，改善土壤理化性。冬季裡作農田休閒期間或果園中播種豆科綠肥作物，因與其共生之根瘤菌可固定空氣中游離氮氣，增加土壤中氮素之來源，並兼具美化農村鄉道景觀。油菜爲十字花科綠肥作物有紓減冬季蔬菜生產過剩之壓力，油菜開花期長有美化農村景觀之效，並可提供養蜂冬季蜜源等功能。另外近年來裡作綠肥作物推廣面積快速成長，配合農田休耕擴大推廣種植綠肥作物，可維護土壤肥力、美化田園景觀、保育農田永續生產，提升農產產量及品質。

二、冬季裡作栽培綠肥作物應用成果

綠肥作物之植體爲高效性之有機質肥料，綠肥作物栽培利用，一般以直接翻犁掩埋入土中。目前農民栽培綠肥作物掩施不同方式進行，於綠肥作物開花初期以乾耕犁掩埋至插秧前期間任意於曝曬，以致綠肥作物殘體之養分略受影響。因而，建議農民於插秧前或後作作物栽培前約 15～20 天淺水灌漑耕犁掩施，有利於綠肥作物殘體發酵分解，以利後作作物之吸收利用養分。同時，後作作物栽培生育期間所施肥料用量應將綠肥殘體所釋放養分扣除，以免過量施肥造成後作作物營養過剩產生倒伏及病蟲害危

害。惟掩施時應注意下列各點:

1. 掩埋生草量應視土壤性質來決定，砂壤土有機物分解迅速，用量可多，粘土通氣較差則不宜過多，因其分解遲緩，易起還原作用，產生有害物質，對作物不利。
2. 肥作物掩施土中之最佳時期，以開花盛期最適宜，此時期含氮量最多，莖葉且柔嫩多汁，易分解。
3. 綠肥植體分解時加施石灰中和酸性，促進分解之效果。
4. 綠肥植體耕犁掩埋深度愈深，對作物根系發育有利。
5. 綠肥植體掩施後須經十五至二十日以上的分解，才可種植栽培其他作物。
6. 綠肥植體掩施後殘體分解發酵，產生發酵熱對後作作物根部生長不利，一般在第一期水稻插秧前 15～20 天掩埋，使綠肥殘體能充分發酵分解，以利後作物之吸收利用。

三、果園栽培綠肥作物覆蓋之利用

本省果園栽培區域以山坡地爲主，目前從事果樹栽培之果農年齡逐漸老化，於勞力缺乏情況下，果園除草以噴施殺草劑或割草等耕除方式，每年進行 5 次以上，使地表無被覆物而呈裸露，每逢颱風或下豪雨時，易造成土壤沖蝕致表土流失，使耕作果園土壤逐漸貧瘠。篩選果園內原有之本地草種行覆蓋地表，依雜草生長情形及果園肥培管理措施，需進行數次割草或再配合一次以上噴施殺草劑去除，此種草生栽培方式已逐漸爲農友接受。

本場以苕子、多年生花生、埃及三葉草等豆科綠肥作物做果園栽培綠肥作物進行示範觀察。由於過去農民對化學藥劑頻繁施用，致破壞土壤結構與環境污染，影響果樹產量及品質至鉅。因而本場利用豆科綠肥作物進行果園覆蓋篩選，於雨季結束前栽培或播種豆科綠肥，期能於短期內迅速生長覆蓋果園地表，抑制雜草滋生，且能增加土壤有機物質，改善土壤物理性、化學性及生物性，促使土壤有益微生物活動，有效分解土壤中養分與釋出，供給果樹營養所需。

1.苕子

苕子係一年綠肥作物，匍匐性莖柔軟、羽狀複葉，具有覆蓋地表極佳效果，於 9 月雨季結束前播種。果園撒播每公頃 30～40 公斤播種量，撒播後噴灑水使種子及土壤充分吸濕，約一週左右萌芽，苕子植株初期以放射狀分支生長。苕子不耐踏，踏後易影響莖蔓生長。苕子生長迅速，能夠短期間內全面覆蓋果園地被，減少雜草滋生，以達保水、保肥效果，增加果園土壤肥力，維持果園生產潛力，兼具水土保持功用。苕子爲果園草生栽培覆蓋極佳之綠肥作物。

2.多年生花生

多年生花生由台大農學院附設農場提供種源，花生由於種子發芽率極低，因而，採用扦插種植，行距 15～25 公分，株距 10～15 公分，每植穴約 3～4 株插苗，種植初期須充分灌水，保持濕潤，提高種苗成活率；生育初期加強雜草拔除，減少雜草與其競爭，加速地表覆蓋。花生覆蓋果園時其蔓莖長不定根固定土壤，減少雨水沖蝕土壤，花生生育期間耐旱，耐踏不受耕作影響繼續生長，莖蔓濃密被覆地表防止雜草滋生，減少表土沖刷流失，兼具水土保持功用，適合果園草生栽培。

3.埃及三葉草

埃及三葉草性喜冷涼氣候，耐蔭性強，本省果園於 9 月間播種，每公頃播種量 20～30 公斤種子。撒播後土壤充分保持濕潤，利種子吸濕萌芽，提高族群密度。埃及三葉草不耐乾旱，冬季正逢乾旱缺乏灌溉，致埃及三葉草生長勢較差，覆蓋果園面積窄小，雜草易滋生，較不適做爲果園覆蓋栽培之綠肥作物。

四、結　語

綜合以上綠肥應用結果，建議農友在果園種植豆科綠肥作物，栽培生草量多之品種，增加果園覆蓋地被面，減少雨水沖蝕，抑制雜草滋生，改善土壤物理性，增加土壤通氣性、透水性及土壤保水力，增加土壤微生物

活動，具有水土保持功用。而且豆科綠肥作物與根瘤菌共生形成根瘤，進行吸收空氣中游離氮氣，行固氮作用，提供果樹營養所需，增加氮肥來源，防止雜草滋生與具有水土保持作用，果園同時可以減少化學肥料施用量，以達果園合理施肥之效果，增加果樹產量及提升品質。

綠肥對作物生長與土壤肥力之影響

蔡宜峰 賴文龍

台中區農業改良場

一、緣起

綠肥作物是綠肥作物是一種能增進土壤地力的植物。主要由於綠肥作物多屬柔嫩多汁的植物組織，當掩施入土壤後，極易被土壤中的微生物分解，而分解後之機物質在土壤中扮演著許多重要角色。因此，掩施綠肥不僅能增進土壤肥力且有利於後作作物之生長。綠肥作物常用荳科作物，且有固定空氣中氮素的能力，掩施入土壤中則成爲土壤氮素的重要來源之一，因此，可減少後作作物化學氮肥的用量。

以往專家學者對於綠肥作物的效能已有諸多研究，並大多有肯定綠肥功效的結論，但多屬於有關水田的研究。魏氏指出在蔗田旱作情況下應用綠肥作物僅略有增加土壤有機質及緩和土壤 pH 值下降之功效，對甘蔗生長及產量則無幫助。而有研究指出掩施綠肥雖能增加後作黑麥、小麥及玉米之產量及乾物重，但由綠肥所提供的氮素被後作作物吸收之利用率相當低。因此，綠肥在旱作應用的效果有待多方面探討。所以本文即選擇目前本省較常用的綠肥作物如荳科的埃及三葉草(Berseem clover, *Trifolium alexandrinum*, (TABOR)、紫雲英(Chinese milk vetch, *Astragalus* sinicus L.)及十字花科的油菜(rape, *Brassica campestris* L.)等三種綠肥作物，並分別在酸性的砂頁岩沖積土及鹼性的粘板岩沖積土栽培以探討綠肥作物應用田間的功效，另在酸性土壤地區應用石灰配合綠肥處理，以及不同等級的化學氮肥用量處理，以期建立較適當的方法使綠肥在酸性土壤上能發揮最大功效，而能減少施用化學肥料，以供日後推廣利用綠肥作物之參考。

二、綠肥作物青掩鮮重量調查

由綠肥青掩鮮重調查結果顯示，在不同綠肥栽培中，無論是酸性砂頁岩沖積土(外埔試區)或鹼性粘板岩沖積土(大村本場試驗)，都以埃及三葉草的青掩鮮重最高，平均可達 16.8 t/ha(表一)。其次爲紫雲英，平均 11.9 t/ha，再次爲油菜 8.5 t/ha。如以綠肥生草含氮率，埃及三葉草 0.38%，紫雲英 0.4%及油菜 0.36%，換算爲掩施入土壤的氮素量，則埃及三葉草的平均掩施氮素量約爲 63.9kg N/ha，紫雲英約 47.4kg N/ha，油菜約 30.8kg N/ha。而從埃及三葉草配合石灰試驗之結果顯示，在播種埃及三葉草前二週施用 3 t/ha 的石灰，可以增加埃及三葉草的青掩鮮重，且在南投及神岡兩試區均有相同結果，而其青掩鮮重平均可達 22.5 t/ha，優於未施石灰而單獨播種埃及三葉草處理的 15.7 t/ha，平均增加率約 43.3%。

表一、綠肥作物盛花期青掩鮮重(t/ha)

處理	外埔	大村	平均	指數(%)
紫雲英	10.8	12.9	11.9	138.4
埃及三葉草	15.7	17.9	16.8	195.3
油菜	8.1	9.0	8.5	100.0
處理	南投	神岡	平均	指數(%)
埃及三葉草(不加石灰)	14.5	16.8	15.7	100.0
埃及三葉草+石灰	19.5	25.5	22.5	143.3

三、高梁生育及產量之調查

在不同綠肥作物配合氮肥之高梁生育及產量調查顯示，無論是大村本場或外埔試區，不同綠肥作物之主區處理，以埃及三葉草處理區的效應

最佳，優於紫雲英，油菜及對照區。而高粱的株高，穗重及產量上在埃及三葉草區、紫雲英區、油菜區與對照區都達顯著之差異水準(表二)。以高粱子實產量而言，埃及三葉草處理區的高粱子實產量比未種綠肥的對照區分別可增產 21.2%(大村試驗)及 23.3%(外埔試區)。至於副區處理的氮肥試驗，高粱生育及子實產量均隨氮肥用量之增加而有增加的趨勢，惟 N2(100kg N/ha)及 N3(150kg N/ha)處理之間的差異不顯著。

綠肥與石灰配合施用之效應實驗結果顯示，在播種埃及三葉草之前二週施用石灰 3t/ha 的處理區，顯著地增加埃及三葉草青掩鮮重平均達 43.3%(表一)。而後作之高粱子實產量則以埃及三葉草配合石灰處理區最高，比對照區之增產率可達 14.1%(南投)及 34.3%(神岡)，其次爲單獨石灰處理區，再次爲單獨綠肥處理區。無論在南投或神岡試區都有相同之趨勢(表三)。至於不同氮肥用量副區處理，高粱子實產量依次爲 N3 (150kg N/ha) > N2 (100kg N/ha) > N1 (50kg N/ha)，但 N3 與 N2 處理間差異不顯著。

表二、春作高粱產量及農藝特性調查

地點	處理[1]	株高 (cm)	穗重 (g)	千粒重 (g)	子實產量 (t/ha)	指數 (%)
大村	A	148[b]	45.4[b]	28.9[a]	4.68[b]	100.0
	B	152[ab]	44.5[b]	27.1[a]	4.89[ab]	104.5
	C	157[a]	52.0[a]	30.8[a]	5.67[a]	121.2
	D	150[b]	43.4[b]	28.3[a]	4.49[b]	95.9
	N1	147[b]	39.6[c]	24.5[b]	4.05[b]	100.0
	N2	152[a]	47.2[b]	29.9[a]	5.14[a]	104.6
	N3	155[a]	51.4[a]	31.9[a]	5.62[a]	138.8
外埔	A	154[a]	56.3[a]	35.7[a]	5.70[b]	100.0
	B	157[a]	60.4[a]	34.7[a]	5.96[b]	104.6
	C	159[a]	63.0[a]	41.3[a]	7.03[a]	123.3
	D	157[a]	57.9[a]	35.1[a]	6.37[ab]	111.8
	N1	151[c]	54.0[b]	32.9[a]	5.57[a]	100.0
	N2	157[b]	58.8[ab]	37.9[a]	6.23[a]	111.8
	N3	161[a]	64.5[a]	39.3[a]	6.62[a]	118.9

[1] A:對照　B:紫雲英　C:埃及三葉草　D:油菜

N1(50kg N/ha)　N2(100kg N/ha)　N3(150kg N/ha)

表三、春作高粱產量及農藝特性調查

地點	處理[1]	株高 (cm)	穗重 (g)	千粒重 (g)	產量 (t/ha)	指數 (%)
南投	A	145[a]	57.9[a]	32.9[a]	4.40[a]	100.0
	B	142.0[b]	55.6[a]	34.0[a]	4.60[a]	104.5
	C	153.6[a]	60.1[a]	33.0[a]	4.81[a]	109.3
	D	149.2[ab]	64.1[a]	33.7[a]	5.02[a]	114.1
	N1	144.2[b]	54.5[b]	32.4[b]	4.06[b]	100.0
	N2	148.2[a]	61.6[a]	33.2[a]	4.95[a]	121.9
	N3	150.1[a]	62.2[a]	34.6[a]	5.11[a]	126.0
神岡	A	138.4[a]	51.9[b]	38.1[a]	3.99[b]	100.0
	B	139.7[a]	56.8[b]	39.1[a]	4.65[ab]	116.6
	C	141.6[a]	63.4[ab]	41.5[a]	4.99[ab]	125.0
	D	143.8[a]	75.2[a]	40.7[a]	5.36[a]	134.3
	N1	139.7[a]	61.0[b]	38.7[a]	4.26[a]	100.0
	N2	141.9[a]	63.7[a]	40.0[a]	4.94[a]	116.0
	N3	141.1[a]	60.8[b]	40.8[a]	5.03[a]	118.1

[1] A:對照　B:埃及三葉草　C:石灰　D:埃及三葉草+石灰
N1(50kg N/ha)　N2(100kg N/ha)　N3(150kg N/ha)

四、綠肥掩施與作物產量之關係

由於綠肥作物掩施入土土壤後，極易被土壤中微生物分解，因此，可以增進地力及促進後作作物生長。所以綠肥作物青掩量的多寡成爲關鍵因

素。當試驗中播種不同綠肥作物所獲得的青掩鮮重不同(表一)，以播種埃及三葉草的青掩鮮重最高，其次依序爲紫雲英及油菜，而其對高粱子實產量之影響而隨著其青掩鮮重增加而增加。播種埃及三葉草之前二週施用石灰，亦可增加埃及三葉草的青掩量。而且在二年四試區的栽培中，播種埃及三葉草對春作高粱子實產量的平均增產率可達 16.4%。因此，特以埃及三葉草爲例，將各處理的埃及三葉草青掩量與春作高粱子實產量指數作迴歸分析，結果顯示二者之間有極顯著的二次迴歸曲線相關。因此顯示高粱子實產量隨埃及三葉草青掩鮮重之增加而增加，如埃及三葉草青掩鮮重量爲 20 t/ha 時，高粱子實產量指數增加約 22%。但當埃及三葉草青掩量介於 0～10 t/ha 間，高粱子實產量增產率增加相當緩慢。可見得在綠肥青掩量低於 10 t/ha 以下時，綠肥對春作高粱的影響效果不明顯。而當青掩量大於 10 t/ha 以上時，高粱子實產量指數呈現較顯著的增加。

五、土壤特性之調查

在綠肥後作採收期之土壤特性調查上，則各處理間之有效性磷及交換性鹽基離子如鉀、鈣及鎂等並無顯著的差異。但土壤有機質及 pH 值，則有若干差異存在。例如依試驗後土壤有機質含量變化顯示，在大村本場及外埔兩試區的有機質含量均以埃及三葉草處理區較高，其次爲紫雲英處理區，再次爲油菜處理區，而播種及掩施綠肥處理的土壤有機質含量都比對照區無綠肥處理者略高。在南投及神岡兩試區中，埃及三葉草處理區的土壤有機質顯然高於未播種埃及三葉草區處理區者。而施用石灰再播種埃及三葉草處理區，雖然埃及三葉草青掩量增加 43.3%之多，但土壤有機質含量並無明顯的增加。單獨施用石灰處理區之土壤有機質含量則略低於對照區，而施石灰並且掩施埃及三葉草之處理區土壤有機質則維持較高水準。土壤 pH 值的變化顯示，施用 3t/ha 石灰處理二週後，土壤 pH 值平均提高約 0.9～1.0 個單位左右，而且各不同處理之土壤 pH 值均隨高粱生育期的變化而有下降的趨勢，但播種及掩施埃及三葉草處理區的土壤 pH 值下降

比無綠肥區者較爲緩和。

六、綠肥對土壤肥力改進之影響

許多報告都曾肯定綠肥作物爲土壤中氮素之極重要的來源之一。如在水田中掩施 15 t/ha 的紫雲英能節省化學氮素約 50 ～70kg N/ha，施 15 t/ha 的埃及三葉草則能減少約 40kg N/ha 的化學氮素用量。Morris 等更指出當含氮素量 70 ～80kg N/ha 的綠肥掩施入土壤中，在水稻產量上可增產約 1.2 ～2.0 Mg/ha。又由配合施用石灰之試驗結果可知，高粱對施用石灰改良土壤性質的效應優於單獨掩施綠肥者之效應，而綠肥配合石灰施用時，對高粱的影響效應則表現的更顯著(表三)。由綠肥配合石灰處理在不同化學氮肥用量下對高粱子實產量之迴歸曲線顯示，綠肥與石灰所組合成的四種主區處理對高粱子實產量的影響與化學氮肥的用量之間亦有交感效應。譬如四種主區處理的高粱子實最高產量依序分別爲綠肥配合石灰處理區約 5.7 t/ha，單獨石灰區約 5.5 t/ha，單獨綠肥區約 4.9 t/ha 及對照區約 4.5 t/ha，而在單獨石灰區即使再增加化學氮肥用量亦無法達到綠肥配合石灰處理區的效應，同樣地在單獨綠肥區再如何增加氮肥用量也無法使高粱子實產量達到綠肥配合石灰區或單獨石灰區的效應。由此推斷，綠肥或石灰處理對高粱影響效應，並不單純是氮素肥分的供應，而是掩施綠肥或施用石灰有改善土壤性質之功效，因而促進高粱生長。Reddy 等(1986)亦指出黑麥及玉米等作物由前作綠肥所吸收的氮素量相當低，一般在 2 ～23kg N/ha，但綠肥對後作產量及乾物重則有增產的效應。但無論如何，綠肥配合石灰處理區只須再施用化學氮素 130kg N/ha，就可使高粱子實產量到達最大值。單獨石灰區或單獨綠肥區的化學氮素最大臨界用量則分別爲 140 及 170kg N/ha。

在掩施綠肥對土壤肥力之影響，許多研究認爲能增加土壤有機質含量，對土壤 pH 值之影響則略有爭議，有人認爲會降低土壤 pH，有些認爲會緩和土壤 pH 值下降趨勢。對土壤鹽基離子鈣及鎂或有效性磷及鉀之

影響則不明顯。由試驗後土壤有機質變化而言，綠肥對土壤有機質含量增加之功效是肯定的，而且施用石灰處理區之土壤有機質含量會略低於對照區，可能是土壤加入石灰後，會增加土壤有機質分解，但在綠肥配合石灰施用處理區之土壤有機質則比對照區有增加之趨勢。因此，在施用石灰改良土壤性質時，配合掩施綠肥作物，能緩和土壤有機質的分解，甚至有增加土壤有機質的功效。由土壤 pH 值變化可知，整個高粱生育期間土壤 pH 值有一致下降的趨勢，而有掩施綠肥處理區的土壤 pH 值均較無綠肥區的下降情形爲緩和。在施用石灰情形下，並有掩施綠肥區的高粱收穫後土壤 pH 值爲 6.1(神岡試區)，高於無綠肥區的 5.9。在未施石灰情形下，有掩施綠肥區方土壤 pH 值爲 5.4(神岡試區)，比無綠肥區的土壤 pH 值 5.2 爲高。在南投試區亦有相同之結果，因此，在酸性土壤施用石灰改良土壤性質，如配合播種及掩施綠肥，則能維持較佳的土壤地力。

七、結語

由綠肥對春作高粱生育及子實產量之試驗結果顯示，在酸性或鹼性土壤，埃及三葉草盛花期之青掩鮮重最高，可達 16.8 t/ha，優於紫雲英及油菜。而後作高粱子實產量亦以埃及三葉草處理區最高。二年試作結果顯示，播種埃及三葉草對春作高粱的平均增產率約 14.6%。在酸性土壤播種埃及三葉草之前二週施用石灰 3 t/ha，可使埃及三葉草的青掩鮮重增加 43.3%，平均達到 22.5 t/ha。而高粱子實產量亦以埃及三葉草配合石灰處理區最高，平均增產率約 24.2%，其次依序爲單獨石灰區，單獨綠肥區及對照區。在高粱子實產量指數與埃及三葉草的青掩鮮重之間有顯著的二次迴歸曲線相關。掩施綠肥對土壤有機質含量略有增加且能緩和土壤 pH 值下降之趨勢。

提升綠肥作物用途

張明暉[1]、林木連[2]、簡宣裕[1]、向為民[1]
行政院農業委員會農業試驗所[1]、行政院農業委員會茶業改良場[2]

摘　要

綠肥作物在農業生產上除可提供作物性養分，增加土壤有機質，改善土壤物理性，增進土壤地力外，尚具諸多用途。今因應我國加入世界貿易組織後對綠肥作物栽培永續利用之影響，必需提升綠肥作物用途以利多元化利用，以使綠肥作物能夠永續栽培利用，而傳統育種及基因工程等生物技術是必需之對策，文中將舉魯冰及滿江紅二例，說明該作物除當作綠肥作物外之其它用途，如魯冰在澳洲亦用作動物之糧秣使用，唯如同一般穀類豆科作物缺乏含硫氨基酸，必需於飼料中補充合成氨基酸，今日已可藉由基因工程生物技術改善此缺陷；另滿江紅除當作水稻綠肥外，亦諸多用途，被喻為"綠色金礦"。

關鍵詞：綠肥作物用途、魯冰、滿江紅、生物技術。

前　言

自古以來綠肥作物在農業生產上扮演著重要角色，早在化學肥料使用尚未普及年代，人們即知道該物料具有增進土壤地力，可用以當作肥料，雖其效率不及化學肥料，但不因化學肥料發明而遭淘汰。此乃由於綠肥作物本身具有其特色且具備某些化學肥料所不及之優點，故綠肥種類及施用技術能夠代代相傳。今日我國即將加入世界貿易組織（WTO），因應農業生產將面臨外來競爭的衝擊，屆時整個生產結構、耕作制度勢必改變調整，而對綠肥作物栽培永續利用將具有正面及負

面影響。蓋因應加入 WTO 之衝擊，部分農田將休耕而改栽植綠肥作物，又部分綠肥作物具有美化景觀之功效（如油菜花），正可配合政府倡導之休閒農業，故在農業永續生產及生態維護上將更能凸顯其特色與重要性，此乃正面影響；然耕作面積之減少以及耕作制度之改變，間接地必影響綠肥作物之栽培利用，其影響可能不亞於昔日化學肥料發明使用對其衝擊。但不管如何，因應 WTO 之衝擊，必需提升綠肥作物用途之多樣化以提高競爭力，以應多元需求，為達此目的，可藉由傳統育種及基因工程等生物技術行之。本文舉魯冰與滿江紅二例說明該作物除作綠肥作物外之其它用途，以資參考。

魯冰除利用為綠肥作物外，在澳洲亦將其當作動物重要之糧秣，唯該作物如同穀類豆科作物一樣缺乏含硫氨基酸，如甲硫氨酸和半胱氨酸，Molvig 等人已於 1997 年利用基因工程生物技術從富含甲硫氨酸之向日葵種子中，將其表現基因轉殖至魯冰種子表現，已明顯改善過去魯冰當作動物糧秣之缺陷。

滿江紅與固氮藍綠藻共生系統過去廣為應用於東南亞（如中國大陸及越南） 水稻栽培，為水田優良綠肥；除此，滿江紅亦可用以當作動物食料，並具淨化水質之作用、減少氨氣揮發、產生生物氣體、抑制雜草及蚊子生長等功用。滿江紅具多用途，實堪喻為"綠色金礦"，值得開發利用。

基因改造魯冰之用途

魯冰除當作綠肥作物外，在澳洲是動物主要糧秣，唯該作物同一般豆科作物一樣，普遍缺乏非反芻動物所需之必需氨基酸，如含硫之甲硫氨酸及半胱氨酸。過去，曾有研究報告以魯冰添加合成之甲硫氨餵食豬隻，明顯提高豬之生育；另曾添加於反芻動物羊之糧秣，羊毛產量加 30-50% 。雖然如此，但花費昂貴，而為改善魯冰缺乏含硫氨基酸之缺陷，提升其利用價值，過去曾以傳統育種方法改變必需氨基酸的成份，但未獲成功；近年來，隨著生物科技之進步，利用組織培養和基因工程之操作，已可明顯提高穀類豆科作物含硫氨基酸之含量。

澳洲 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) 組織利用生物技術改善魯冰缺乏含硫氨基酸之缺陷，Molvig 等人

1997 年從富含甲硫氨酸之向日葵種子中，將 2S albumin 表現基因轉殖至魯冰種子表現，結果雖然種子產量、全氮、全硫含量與未基因轉殖之對照組差異不顯著，然硫之分佈則明顯不同，轉基因種子之硫酸鹽濃度減少 528 ppm，而硫氨基酸則增加 446 ppm，如表一所示；另種子氨基酸成份分析結果如表二所示：轉基因種子之甲硫氨酸（Met）含量比非轉基因者多 94% ，半胱氨酸（Cys）含量減少 12% ，硫氨基酸總量則增加 19% ，而其它氨基酸則無明顯差異。

表一、非轉基因及轉基因魯冰種子屬性比較

屬性	非轉基因	轉基因
種子產量[a]，kg	4.64	4.48
全氮，%	5.79	5.81
全硫，ppm	3,534	3,451
氧化硫（硫酸鹽），ppm	1,076	548
氨基酸硫，ppm	2,457	2,903

a.調查採樣面積：27m^2。

Source：Molvig L. et al., 1997

表二、非轉基因及轉基因魯冰種子粉末之氨基酸含量（g/16 g N）

氨基酸	非轉基因	轉基因	氨基酸	非轉基因	轉基因
Asx	9.61	9.49	Phe	3.71	3.52
Thr	3.11	3.01	His	2.73	2.65
Ser	4.99	4.81	Lys	4.36	4.57
Gly	3.92	3.75	Arg	11.31	11.38
Ala	3.08	3.01	Cys	1.36	1.20
Val	3.85	3.99	Met	0.55	1.07
Ile	4.30	4.34	Glx	20.90	19.54
Lew	6.46	6.18	Pro	4.00	3.98
Tyr	3.54	3.50			

Source：Molvig L. et al., 1997

因此可知基因改造魯冰的確改善了動物糧秣營養價值，然動物利用情形及對生育之影響當為我們所關注之問題，根據老鼠餵食魯冰種子試驗結果顯示：老鼠餵食轉基因者，第 8 日體重增加 18% ，而餵食一般者，則僅增加 3% ，如表三所示。另餵食轉基因種子者，蛋白質實際消化率、生物值以及淨蛋白質利用率亦顯著增加，如表四所示。由此可見，利用遺傳工程基因操作技術改善魯冰之營養價值是可行的，而且今日利用生物技術提升綠肥作物用途當為主要策略。

表三、老鼠以非轉基因或轉基因魯冰為唯一蛋白質餵食之後，平均重量之比較

時間	平均重量，g	
	非轉基因	轉基因
開始	66.8	67.1
終止	69.0	79.1

Source：Molvig L. et al., 1997

表四、餵食老鼠之非轉基因及基因魯冰種子營養價值之比較

魯冰種子	蛋白質實際消化率 %	生物值 %	淨蛋白質利用率 %	可消化的能量 %
非轉基因	89.4	63.2	56.4	77.7
轉基因	95.7	73.0	69.8	78.4

Source：Molvig L. et al., 1997

"綠色金礦"－滿江紅之其它用途

滿江紅被喻為"綠色金礦"，過去廣為應用於水稻栽培，為優良綠肥，該作物尚具諸多用途，分述如下：

一、動物之食料

長久以來滿江紅即被當作豬、家禽、兔子、反芻動物甚至人類之

食料，被認爲是最具營養水生植物之一種作物，蓋該作物粗蛋白含量，約佔乾物重 20-30% ，細胞質中可溶性醣類及澱粉佔 7-13% ，水分含量高達 86-95% ，脂質含量低而類胡蘿蔔素則高，且植體礦物營養成份平衡性佳。若於雞之食料中加入 10-20% 滿江紅，可增加每日食料攝取量、生蛋數、蛋黃色澤以及重量；除此，滿江紅亦可應用於水產養殖方面，過去福建農業科學研究院曾進行水稻－滿江紅－魚栽培系統試驗，結果不僅可以提高魚產量及減少化學肥料及農藥施用量，如表五所示，亦可提高農民收益。根據研究報告（Mackay，1995；Callo，1989）指出水稻－滿江紅－魚比水稻－魚栽培系統增加魚產量更多；1993 年 Gavina 提出豬－家禽－魚－滿江紅之栽培系統，滿江紅可當作魚及鴨子之糧秣。而宜蘭地區亦曾於水稻田中飼養合鴨，啄食福壽螺及雜草，利用小鴨排泄物爲水稻田良好肥料，生產有機米。

表五、福建農業科學研究院水稻－滿江紅－魚栽培系統試驗

	肥料施用量 (kg ha^{-1} year^{-1})			滿江紅施用量 (t ha^{-1})	水稻產量 (t ha^{-1})			魚產量 (t ha^{-1})
	N	P[a]	K_2O		早期	晚期	總量	
1987								
水稻-水稻	207.8	194.3	127.4	—	6.0	6.4	13.0	—
水稻-滿江紅-魚	37	42.25	42.25	30	5.8	4.4	10.2	4.0
1988								
水稻-水稻	274.8	180.4	152.9	—	4.7	4.8	9.5	—
水稻-滿江紅-魚	67.3	69.4	50.9	45	4.4	4.5	8.9	4.3

a.過磷酸鈣

二、水質之淨化

滿江紅具有淨化水質之功能，可以有效移除放流水中污染之重金屬，如鎘、鎳、鉻、銅等，其方法異於傳統昂貴的方法，即將吸附於滿江紅上之重金屬有效率地脫附，回收供工業再生利用。除此，滿江紅亦具有去除廢水中磷過高之能力，可以有效減少河川、池塘、湖泊

發生優養化現象，可應用於家禽或家禽與魚生產系統，避免優養化造成水質惡化，魚獲產量減少。

三、減少施用氮肥揮發流失

水田施用化學氮肥之後，部分氮肥可能以氨氣揮發流失，若栽種滿江紅可以明顯減少 20-50% 氨揮發流失（Watanable & Liu，1992），此乃由於滿江紅行光合作用使得水質 pH 值降低，因而可以減少氨氣揮發流失。由此更可見，間作滿江紅不但可以減少化學肥料施用量，增加經濟收益，對生態環境亦有正面影響。

四、其它用途

滿江紅還具以下用途：1.可產生生物氣體：如與稻草混合之厭氣發酵產生之甲烷可供燃料使用；2.可以抑制雜草生長：Krock 等 1991 年發現水體栽植滿江紅可明顯減少雜草生長，蓋滿江紅阻斷光強度約 90%，光合作用隨之減少，水中氧濃度亦減少 50%；另滿江紅綠色葉片具濾光效應，相對增強紅外線，因而會抑制雜草種子萌芽；3.可控制蚊子生長：滿江紅生長於水體表面，可有效抑制蚊子孵化生長，尤其於長期耕作水田效果更佳。

結　論

綠肥作物在農業生產上爲一重要作物，故至今仍能代代相傳，今因應加入世界貿易組織之衝擊和作物永續利用之目的以及生態環境之維護，提升綠肥作物用途有其意義。而欲提升綠肥作物多樣用途，利用傳統育種及先進遺傳工程生物技術是必需的策略；而鑑古知今，有助於日後之思考模式，是以撰寫本文以資參考。

參考文獻

1.Callo, D, P, 1989. Azolla adaptability and utilization on farmers' fields. In: Azolla:Its Culture, Management and Utilization in the Philippines.

NAAP. Los Banos, Laguna, Philippines, pp 109-128.

2.Gavina, L. D. 1993. Swine-duck-fish-Azolla integration in skyponds of La Union, Philippines. In: Proceedings of the first International Foundation of Sciences (IFS)-National Research Council of the Philippines (NRCP) Seminar. April 1993. Makati, Metro Manila, Philippines, pp.182-189.

3.Krock, T. J. Alkamper and I. Watanable. 1991. Azolla's contribution to weed control in rice cultivation. Pl. Res. Developm. 34:117-125.

4.Lejeune, A., A. Cagauan, and C. Van Hove. 1999. Azolla research and development: Recent trends and priorities: Symbiosis, 27(3-4): 333-351.

5.Mackay, K. T. 1995. Rice-Fish Culture in China. International Development Research Center, Ottawa, Canada, 264 pp.

6.Molvig, L. et al., 1997. Enhanced methionine levels and increased nutritive value of seeds of transgenic lupins (Lupinus angustifolius L.) expressing a sunflower seed albumin gene. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94: 8393-8398.

7.Wagner, G. M. 1997. Azolla: A review of its biology and utilization, Botanical Review, 63(1): 1-26.

8.Watanable, I., and C. C. Liu. 1992. Improving nitrogen fixing systems and integrating them into sustainable rice farming. Plant Soil. 141: 57-67。

綠肥在有機農業之應用

王鐘和 林毓雯 黃維廷 丘麗蓉

行政院農業委員會農業試驗所

前 言

有肥沃健康的土壤，才有量豐質優的農產品。有機農業特別重視土壤物理、化學及生物性質之改善及促進，透過適當的土壤管理，循環利用各種有機資材，施用天然礦石，來改善土壤環境，提昇土壤供應養分的能力。故有機農業是以有機物來補充或平衡土壤的有效養分，供應作物生長所需，有機物除了來自農場自製堆肥、市售各種有機資材(不含化學肥料)或植物殘體外，綠肥也是重要的有機質及營養供應的來源。

綠肥是一種植物，在幼嫩期或成熟後，耕犁入土壤中，可提供及促進作物養分吸收。綠肥種類包括豆科或非豆科。常見的豆科綠肥作物如:田菁、太陽麻、虎爪豆、大豆、紫雲英、埃及三葉草、苜蓿、苕子、豌豆、蠶豆、羽扇豆等。非豆科的綠肥作物常見的如:油菜、蘿蔔及許多草類等。台灣光復初期因化學肥料尚不普遍且價格昂貴，綠肥的利用備受重視，栽培面積曾多達 20 餘萬公頃，隨後因化學肥料漸普遍及價格低廉，以及農田集約耕作制度之盛行，農田難得有休閒時間，使得綠肥栽培面積急速萎縮。近年來，爲達到土壤保育及避免農業生產過剩的雙重目的，政府積極推廣在農田休閒期種植綠肥，綠肥栽培面積才又大幅增加。

綠肥的功效

綠肥的應用功效甚多，對土壤的物理、化學及生物相都有影響，

其重要的功能如下:

1.增加土壤有機質：綠肥作物翻犁進入土壤中後，被微生物利用及分解釋放出無機養分供作物生長所需，不易分解的部份就會累積下來，或分解物聚合成腐植質，可增加土壤的有機質，一般而言，成熟的綠肥作物，含有較多不易被分解的木質素，分解速度較慢。反之，較幼嫩的綠肥含木質素較少，但分解速度甚快，可如同化學肥料般迅速供給養分。長期施用生長至成熟期含木質素較高的綠肥，將可增加土壤有機質。

2.增加土壤的無機養分:綠肥在翻入土壤後，被分解後釋放植物營養元素，供給下一期作的作物利用，尤其豆科綠肥作物能固定空氣中的氮氣，因此，豆科綠肥在分解後可提供大量氮素養分。任何綠肥在分解後都能釋放出氮、磷、鉀及其他元素。此外，較成熟綠肥作物之根系可深入較深土層吸收養分，當其被翻犁入土壤表層時，可將養分釋放於表土中，使表土之養分較不致缺乏。

3.改善土壤物理性：綠肥作物成熟期植株根系相當旺盛，可穿透較密實之耕犁層，有助於土壤通氣等物理性之改善。著者之研究結果顯示隨著綠肥田菁生長期間增長，植株高度、乾物重及根穿透土壤之深度均增加，當田菁高約 3.5 公尺左右時，其根系可穿透密實的耕犁層生長至 90 公分深之深層土壤中(圖一)，大量的綠肥根系在土壤中腐爛後形成之孔隙，有助於土壤通氣性及排水性的提昇。

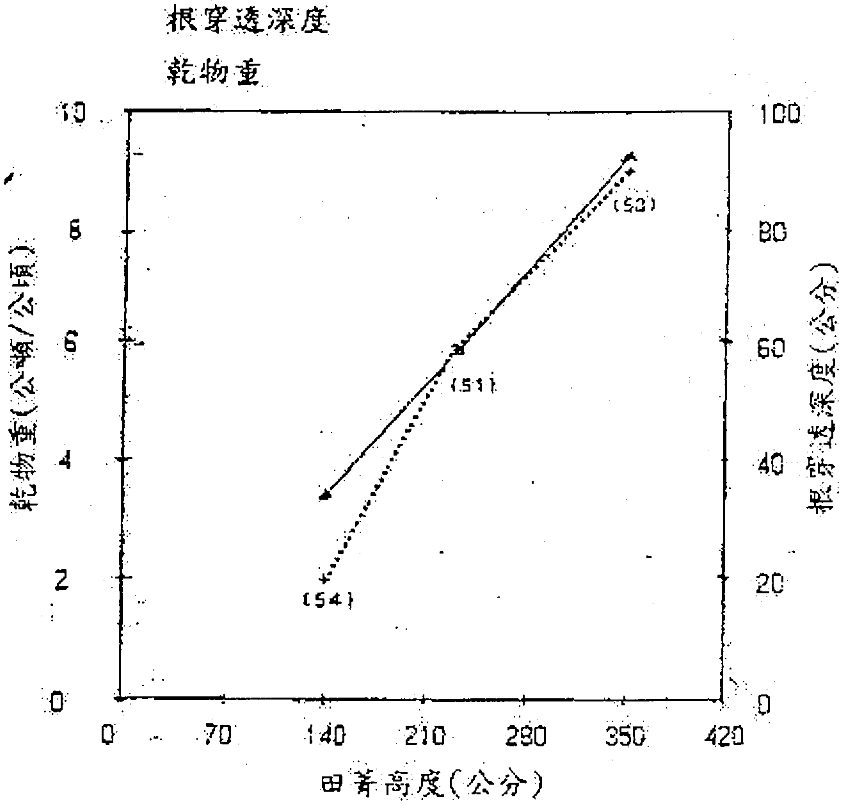
4.增加土壤微生物活性：加入土壤中之新鮮綠肥植體，刺激土壤中微生物大量滋長，使微生物相活潑化複雜化，即土壤微生物相多樣化，產生健康的土壤生物性。

5.增加土壤營養的有效性:綠肥分解時，產生有機鉗合劑或有機酸，使原有不易溶解的營養轉變為易溶解的營養，尤其是對促進磷及鋅的效果佳。另外在鹼性土壤中因綠肥分解釋放的二氧化碳，可以將磷的有效性增加。

6.抑制雜草生長，增加有效養分量：綠肥生長期間不但可吸收土壤中之無機養分，避免流失，且可抑制雜草生長，避免雜草競爭養分，俟其翻犁入土壤中後，可提昇土壤有效養分含量。

7.減少土壤之沖刷及流失：兩期作物生長期間常有一段休閒期，在裸露之環境下，土壤必然容易風蝕或被雨水淋洗或造成土壤流失，因此，綠肥有保護土壤的功效，減少土壤沖刷及流失。

8.減少病蟲害發生:農地輪作綠肥，改變土壤中有機質之組成分，刺激微生物生長，使土壤中的病原菌或蟲的族群減少，有效降低病蟲害。



圖一、田菁高度與乾物重及根穿透土壤深度之相關圖(王鐘和 1993)

有機農業輪作綠肥之意義

理想的有機農法是採行適切的作物輪作之模式，而現今之有機農場為講求經營效率，節省工資支出及產品產銷便於掌控，在同一塊農

田上幾乎全是採行單一種類作物之經營模式，例如有機水稻、有機茶樹、有機果樹或有機蔬菜栽培等等。此種栽培模式因爲每作均有大量的農產品從農場中被移走，也就是每作有大量相似比例的養分被從土壤中移走，且常因講求經濟效益未能有時間安排豆科作物輪作，缺乏固氮氮素之補充，僅靠農場中少量作物殘株回歸土壤，補充養分，顯然是不夠的。且投入養分與被移走養分間之種類與比例，也不盡相同。要想達到此種經營方式能持續的進行，必須加入豆科綠肥於輪作系統，不但可增加氮源供給，且可抑制雜草生長。並且較不需由農場外移入大量有機物，降低經營成本。

有機農場應用綠肥之策略

綠肥作物應用在有機農場經營耕作制度中，可採行下列幾種方式：

1.輪作方式:綠肥植物與主作物輪流耕作是常見的方式，豆科綠肥與非豆科如玉米之輪作，或與水稻輪作之水旱輪作方式。另外，在冬季蔬菜生產過剩，價格大跌期間，種植冬季綠肥埃及三葉草、油菜、或苕子等，可舒緩蔬菜生產過剩，避免價格慘跌。且綠肥提供之養分可有效提供下一期作物生長所需，達到節省肥料資源，降低生產成本的目標。

2.間作方式:綠肥植物與主作物採條式間隔種植的栽培方式，常見的是豆科與非豆科作物的間作，如大豆與玉米或大豆與甘蔗，在甘蔗生長初期與大豆間作，等到大豆成長後，將大豆的殘體配合甘蔗覆土時埋入。此外，在茶園中間作夏季綠肥如田菁及多季綠肥如魯冰等，俟綠肥長至相當程度後，敷蓋於靠近茶樹植株之土表上，可防止土壤流失，更具保水及提昇養分之效果。

3.草生栽培方式:多年生的果園中常以草生栽培做爲水土保持的方式，這些草在成長後可割倒做爲敷蓋，對坡地或山地果園之具有保水及增加養分供給之功效。惟爲避免果樹根系因而大部份生長在較舒適之表土中，反而不耐乾旱逆境，應適度配合化學肥料或有機肥料深施，以誘導根系深入較深土層中。

綠肥的栽培及施用要領

一、綠肥栽培要領

1.依播種季節選擇適當的綠肥種類:綠肥的種類多，要注意綠肥適應氣候的能力，適合夏季種的綠肥作物必能不能適應冬季種植，如紫雲英和埃及三葉草在秋冬種植，夏季太熱就無法生長，因此，在種綠肥前應先知道它的適合季節，台灣地區適栽的各種綠肥之適栽季節如表一。

2.接種根瘤菌促進豆科綠肥生長: 台灣地區有些土壤根瘤菌的族群並不多，豆科綠肥著生固氮根瘤數量就少，需要接種根瘤菌，尤其在未曾種植過豆科綠肥的農田，初次種植豆科綠肥時更需要接種根瘤菌。

表一、台灣地區主要綠肥作物名稱、鮮重、氮磷鉀含量及適栽期

綠肥種類	鮮重 公噸/公頃	要素含量%			適栽期
		N	P_2O_5	K_2O	
田菁	20-40	0.47	0.09	0.42	3-8 月
太陽麻	20-40	0.37	0.08	0.14	3-8 月
青皮豆	10-20	0.62	0.09	0.32	3-8 月
大　豆	10-20	0.58	0.08	0.73	3-8 月
富貴豆	20-30	0.16	0.11	0.39	3-10 月
油菜	20-35	0.21	0.02	0.28	10-2 月
苕子	30-35	0.56	0.13	0.43	10-2 月
埃及三葉草	20-30	0.52	0.14	0.40	10-2 月
紫雲英	20-40	0.48	0.09	0.37	10-11 月

二、綠肥施用要領

土壤有機物之增減，端視施入有機物在土壤中之總量，及在土壤中分解速率之快慢而定。土壤中有機物分解速率則受有機物種類、性質及氣候土壤條件之影響甚大。若其他外界因子不變，有機物之碳：氮比（C/N ratio）是決定分解速率快慢及有機質（腐植質）生成之主要因素。一般而言，有機物之碳：氮比愈高，表示含有較多之纖維素及木質素；且表示分解緩慢，是形成土壤中有機質之主要來源。反之，碳：氮比較低之有機物，在土壤中很快被微生物分解而變成無機態養分爲作物所吸收利用。因此，從增加土壤有機質及提高土壤地力之角度來看，應當選擇有機物總量多且碳：氮比高之綠肥較佳；即綠肥作物生長至成熟期才犁入土壤中爲宜。

綠肥的施用如前所敘，其數量、性質均會影響後作作物之生長，需依綠肥的作物種類、株齡、生產量及下期作物的種類而有不同。綠肥施用時尚要注意的事項有：

1.在綠肥的適當生長期施用:綠肥作物，如在開花前翻犁則植株仍然幼嫩，容易用耕機翻犁，但如延到開花結果期因植株老化，植體含木質素高如同木本植物較不易耕犁，需要用較重型的耕耘機具，如圓盤犁等。

2.水田施綠肥之注意事項:水稻田如過量施入綠肥，在分蘗期因過多氮素釋出，水稻吸收氮素過量，易產生過多的無效分蘗，會有不良效果出現，因此，綠肥不應過量外，亦需提早翻犁綠肥，而達到提早腐熟綠肥，減少綠肥可能引起的缺失。尤其土壤排水不良區的水田，需避免過量的豆科綠肥。

3.善用綠肥植體之養分，後作務必減施肥料用量(尤其是氮肥)：前作綠肥如在幼嫩期即翻犁掩埋，因碳氮比低分解速率極快，後作作物如爲短生育作物如葉菜類蔬菜，可減施綠肥所含氮量之 50%，後作如爲較長生育期作物如水稻、玉米等作物，則可減施綠肥所含氮量之 75%；綠肥如在成熟期時掩埋，因碳氮比高分解速率較慢，後作爲短生育期之葉菜類蔬菜時可減施綠肥所含氮量之 25%，後作如爲較長生育期之水稻、玉米等作物則可減施綠肥所含氮量之 50%。一般而

言，綠肥植體中之磷鉀含量不如氮素含量多，綠肥掩埋後，後作磷鉀減施量約爲綠肥植體中磷鉀含量之 25-50%，視後作生育期長短而定，生育期長則減施比例高，生育期較短則減施比例較低。經土壤肥力測定磷鉀含量高之農田，則可減施綠肥植體磷鉀含量之 100%。

4.有機水稻田：有機水稻田栽植滿江紅亦可視爲綠肥之一種，水稻生育初期滿江紅可協助抑制雜草生長，避免雜草競爭養分，惟此時期滿江紅也略與水稻競爭養分，水稻生育中期曬田時，滿江紅大量死亡，植體經分解可釋出大量養分(尤其氮素)，應注意避免該時候水稻氮素吸收過量，對子實生產不利。

5.採土表敷蓋方式：綠肥作物如採施於土表作爲敷蓋之方式，其分解速率將比採掩埋方式明顯較慢，加上因採不整地綠肥敷蓋方式栽培之後作作物通常生育較佳，養分吸求較高，因此其後作可減施的肥料量較少，大約爲採掩埋方式減施量之一半即可。

豆科綠肥作物的固氮及接種根瘤菌的方法

楊秋忠

國立中興大學教授

一、根瘤固氮是最便宜的氮素養分

空氣中約含有 80%的氮氣，可是不能被作物直接利用，只有經過某種微生物的固定作用，才能變成有效，這種作用叫固氮。這些微生物有的住在土壤中依賴有機物進行固氮，有的需要住在豆科的根裏面和豆根共同生活才能固氮，這稱爲 共生固氮，共生固氮的固氮量大及效果最佳。因爲這種微生物與豆科共生時，在根部形成根瘤，所以稱爲根瘤菌。根瘤就是「氮肥生產工廠」一 在這「工廠」內由根瘤菌固定氮氣，再供應給豆科植物利用。豆科綠肥作物固定的氮，轉變爲有機的氮，綠肥被分解時是緩慢的釋放氮肥，沒有化學氮素的缺點。

土壤中有或多或少的根瘤菌，所形成根瘤的固氮效率有高有低，爲了確保豆科綠肥的根部有更多有效的根瘤，就需要接種經篩選的優良根瘤菌，使有效根瘤增加，這樣就能固定大量氮氣，供應豆科作物大量氮素養分，因此，可減少施用化學的氮肥(尿素、硫酸銨等)。根瘤菌接種劑使用量很少，是最便宜的氮素養分來源。

二、接種豆科綠肥作物根瘤菌的需要及功效

(一)需要的原因:

豆科綠肥作物的種類中，有些是國引進的豆類，其根瘤菌在本地土壤中非常缺少或甚至無此類根病菌，就必需借用接種根瘤菌，才能共生著生根瘤菌及固氮氣。另外，由於自然土壤中存在的根瘤菌的固氮能力，有好有差，若以接種優良根瘤菌，將有助綠肥作物固定較多的氮氣，因此，接種根瘤菌是有利而無一害的效果。

(二)接種根瘤菌的功效:

1. 減少氮素化學肥料使用量:可減少輪作栽培作物的成本及生產氮肥所消耗的能源。
2. 提高產量:接種根瘤菌對綠肥的產量可提高，對輪作之作物的產量也有提高的效果。
3. 增進品質:綠肥後輪作的其他作物，可提升品質。
4. 增進土壤肥力:固氮增加土壤有效氮素的來源，對後作的其他作物甚爲有利。
5. 增加作物抗病力:造成健康的土壤環境，可減少病害發生。
6. 減少氮肥的環境污染:減少氮素肥料之使用，防止大量氮素進入地下水及水源，可防止環境中氮肥污染。

三、豆科接種根瘤菌的方法

無論整地與不整地栽培，或苗圃種植的播種方法及管理都與原來慣用方法相同，主要是需將種子接種劑充分接觸，豆科的種子一般均較其他的種子大粒，即可達到接種的目標，甚爲簡便。

依接種劑的型態，主要可分爲液劑及粉劑二種，一般綠肥種子大可採用種子外包覆的方法，若有小種子(或小苗)則採用混合土壤直接施用法。

(一)種子外包覆法如下:

1.「液劑的使用方法：將種子放入容器(種子量多時可舖在平面場地上)，將白色粘著劑(CMC 粉)撒入混勻，再加搖勻的瓶裝接種菌液(如用噴霧可將粘著劑加入菌液中)，拌種，使種子拌勻濕潤後(如水分過多，把多餘的水倒出;如水分太少，可加清潔水)，最後將黑色粉末(泥炭土粉)倒入吸水及附著，混合均勻後即可播種(如不小心太濕了，可用乾土拌入;絕不能將種子浸泡在液體中)。
2‧粉劑的使用方法:將種子放入容器或平面場地上，加入粘著粉劑，再加入清水(如用噴濕，可將粘著劑加入清水中)，之後即可加入接種劑拌種，使種子上外覆上一層粉劑即可。

(二)使用量:

液劑以沾濕種子或土壤，粉劑則以包得住種子的量爲原則。每公頃使用量，液劑約爲 2~3 公升，粉劑約爲 2~3 公斤。

四、接種注意事項

(一)接種劑與種子拌種時，或種子加水時，應把多餘的水倒出，最好不必浸泡種子，否則，怕浸水之種子的發芽率及發芽勢受影響而降低。

(二)使用固氮接種劑，不需農藥與氮肥混合施用。

(三)避免與農藥混合使用。

(四)混合種子與接種劑需立即播種，土壤不可太乾或太濕怕水之種子則需避免雨天播種或播種後立即灌水。

(五)接種劑貯藏於陰涼處，有效期限約一年。

輪作制度中綠肥田菁的角色與功能

王鐘和　丘麗蓉

行政院農委會農業試驗所

前　言

綠肥作物是綠色植物整體或植體之部份於幼嫩期或成熟期供翻犁掩埋入土壤中當作肥料及改善土壤理化性質之作物。綠肥作物生長期間可吸收土壤養分(豆科綠肥更可固定空氣中氮素於植物體)，減少養分之淋洗及土壤之流失，並可抑制田間雜草之生長。當其被翻犁掩埋則可釋出其所含之營養元素及分解較慢之纖維質、木質素，可增加土壤肥力及改善土壤理化性質，有益於作物生長，提高產量。

適宜本省栽培之綠肥作物包括豆科或非豆科，常見之豆科綠肥有:田菁、太陽麻、紫雲英、虎爪豆、大豆、埃及三葉草等，非豆科綠肥則有:油菜、蕎麥、蘿蔔等。又可依其生長季節分為春夏季綠肥(播種時期 3~8 月)如太陽麻、田菁、大豆、虎爪豆等，冬季綠肥(播種時期 10~11 月)則有紫雲英、油菜、埃及三葉草等。綠肥作物栽培容易而且生育期短，可利用兩主作物期間的空閒時期栽培。而綠肥作物之栽培以豆料之肥效較佳，蓋豆科根瘤可固定空氣中游離氮素蓄儲於植體中，並含有多量有機物，補給土壤中之腐植質。

據資料顯示，本省光復前後綠肥栽培總面積廣達二十一萬多公頃，其中田菁約有 8 萬 8 千多公頃居第一，大豆約有 4 萬 6 千多公頃居次。唯在追求提高農業經營利潤，實行集約耕作制度下，非為現金作物之綠肥作物漸不受重視與被接納，迄民國七十六年全台灣綠肥栽培總面積不到 1 萬公頃，而綠肥田菁僅剩下約 900 公頃。綠肥栽培之式微直接影響到本省耕地環境與品質的惡化。有鑑於此，前省農林廳即積極提倡種植夏作綠肥田

菁，以減少地力之過度消耗，業已獲致初步成效，民國八十年栽植綠肥田菁之面積已增至約 4 千 5 百公頃。前省農林廳 1999 年推動合理化施肥措施計畫書中指出 87 年度推廣綠肥作物之面積有：油菜 75,075 公頃、埃及三葉草 13,795 公頃、田菁 26,530 公頃、苕子 11,300 公頃，計 126,750 公頃，其他未在輔導之列而自行栽培綠肥作物之農田亦有不少，顯示現今農友對農田地力之維護及綠肥之功能已有相當體認。

田菁爲一優良之綠肥作物(圖 1)，蓋其栽培容易，能適應本省春、夏作高溫多濕之生長環境及適宜本省各種土壤質地栽培，且生長勢強、生育短期間能生產大量之有機質，對雜草抑制效果大，對土壤有覆蓋保育作用，而其固氮效率佳，提供作物所需氮素來源，故其對土壤改良及後作增產效果顯著。

圖 1.綠肥田菁適宜本省夏季高溫多濕之環境生長

本省輪作制度中綠肥田菁之角色

本省中南部稻田推行玉米轉作，以第二期稻作轉秋作玉米爲宜，蓋第二期稻作收量顯著低於第一期作而玉米收量則以秋作顯著高於春作故。若將兩期稻作全部轉作玉米則恐消耗地力太大而且對於病蟲害之防治亦屬不利。惟當第二期稻作決定轉作秋玉米時自第一期作水稻收穫至玉米播種約有兩個月(即七、八月) 期間，時值颱風季節，高溫多濕，除小部分稻田可栽培香瓜、蔬菜外，大部分並無適當作物可以栽培。夏作大豆雖爲試作探討之一個目標，但在颱風季節下其收益性能否穩定仍屬疑問。田菁雖非現金作物，卻很適合於該期間栽培，並預料可以防止雜草之叢生及對其後作有良好效果。據報告本省中南部各種模式之轉作年純收益依次爲：(1)春作高粱一宿根高粱一秋裡作玉米，(2)一期水稻一夏作田菁(即田菁中間作)一秋作玉米，(3)一期早稻一夏作瓜類一秋作玉米，(4)一期早稻一夏作大豆一秋裡作玉米，(5)一期水稻一二期水稻(對照)。亦有報告以(2)一期水稻一夏作田菁一秋作玉米之收益性爲最高者。可見一期水稻一夏作田菁一秋作玉米爲相當合適的特作模式。

又南部之輪作田原爲每三年可輪作 1 一 3 作不等之水稻，自推行稻田轉作後已大部份改爲不同旱作之輪作;最普遍之模式爲春作高粱一秋作玉米。而此種旱作連作常導致土壤酸化及有機質降低，致使土壤之生產力及作物產量低落。爲維持長期地力及提高作物產量，夏作田菁之插入對後作物產量及對地力之維持有良好之效果。惟傳統的耕作方法，夏作田菁係於秋作玉米播種前耕耘掩埋，土壤卻因該時期常遇驟雨吸收大量水分造成剛種植之玉米發芽率偏低，如尚未種植則常因而延誤玉米播種時期。反之，播種後之玉米，一旦天氣放晴則常因土壤乾旱而缺磷。爲免以上缺點，不整地栽培乃爲最佳方法。

所謂不整地栽培就是利用殺草劑殺除前作物及雜草，代替整地清除雜草之功能，而保留這些殘株於地面作爲敷蓋用。或用焚燒法清除田面前作物之殘株不需耕犁整地直接將作物種子植入適當之溝或穴中之一種耕作

方式。Moschier 與 Marthens(1975)、Jones 等(1968)均指出以不整地方式栽培玉米之產量顯著高於整地栽培者。

田菁不整地敷蓋與整地掩埋之比較

農業試驗所爲長期土壤之保育與提高農家收益，自民國七十四年起研究發展轉作田玉米不整地田菁敷蓋省工栽培之技術:綠肥田菁種子於七月初，一期稻作收穫後以不整地方式撒播(如爲春作旱作則需將殘體翻犁整平後撒播)，每分地種子量 3 公斤，不施用肥料，生長至九月中旬時田菁高度約 2 公尺左右(乾物重約 5．5 公噸/公頃，含氮素、磷酐、氧化鉀各約 120、20 及 70 公斤/公頃左右)。此項田菁可以用試驗期間研發出之多功能施肥播種機在不整地下壓倒，同時條施肥料、殺蟲劑及播種玉米，並噴殺草劑，如此被壓倒的田菁成爲田面敷蓋(圖 2)。

圖 2.農試所研製之圓盤切割式不整地施肥播種機田間種植之情形
(同時施肥,播種,條施殺蟲劑及噴施殺草劑)

應用此項技術，著者於霧峰農試所農場一處長期探討一期水稻一秋作玉米之輪作制度下夏作田菁及其耕耘方式對玉米生育、收量及氮肥需要量之效果，與對土壤理化性質及土壤肥力之長期影響，並於臺南縣玉米產區進行大面積田間試驗探討不同輪作田(一期水稻一秋作玉米及春作高粱-秋作玉米)栽植夏作田菁及其耕耘方式對秋作玉米產量，生產成本及氮肥效率之影響，以作爲輪作田玉米栽培及氮肥施用之參考。部份結果如下：

一、田菁有無及耕耘方式對子實產量之影響

霧峰長期試驗顯示秋作玉米種植時夏作田菁之乾物量約達 5.7 公噸/公頃(1985-1993 九年平均)，其要素含量 N、P_2O_5、K_2O 分別爲 125、23 及 78 公斤/公頃(表 1)，．而將此種田菁翻犁之掩埋區之子實產量雖高於整地無田菁區，但在高氮用量時差異不顯著，而採行不整地田菁敷蓋之栽培模式，玉米產量顯著地高於傳統之整地掩埋區及不整地無田菁區，即使在充足氮素用量下，亦是如此，顯示前者有氮素供給以外的效果(圖 3)。

表 1.水稻玉米輪作田夏作田菁之收量及要素含量(霧峰 1985-1993 秋作)

調查項目 Items studies ＼ 年度 year	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	平均 mean
收量(t/ha)										
生草	31	24	--	32	21	10	24	24	24	10~32
乾物	5.8	4.7	4.7	6.7	5.6	2.8	5.8	6.9	8.3	5.7
要素含有率(%)										
N	2.5	2.1	1.7	2.3	2.4	2.3	1.8	2.2	2.3	2.2
P	0.23	0.17	0.19	0.10	0.14	0.07	0.21	0.24	0.16	0.17
K	1.60	1.34	0.96	0.88	0.63	1.24	1.13	1.38	1.10	1.14
Ca	0.86	--	--	--	--	--		--	--	
Mg	0.088	--	--	--	--	--		--	--	
要素含量(kg/ha)										
N	142	100	80	154	134	64	104	152	191	125
P_2O_5	31	19	20	15	8	5	28	38	30	23
K_2O	110	75	54	71	43	42	79	115	110	78
CaO	70	--	--	--	--	--	--	--	--	--
MgO	8.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--

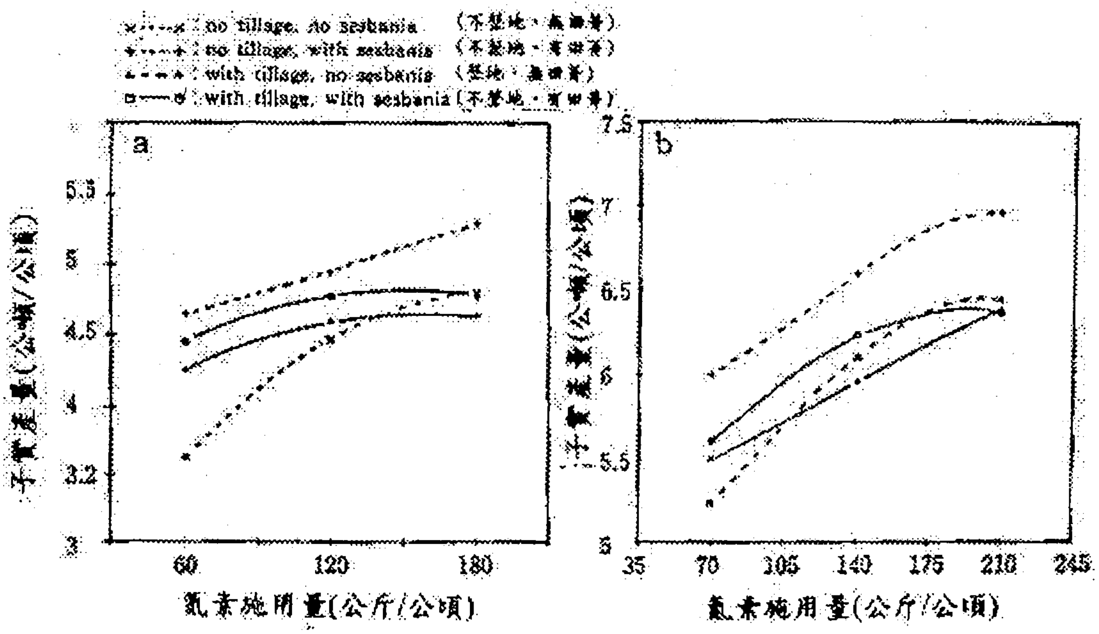


圖 3.水稻玉米輪作田夏作田菁之有否及玉米田之整地與否對玉米收量之效果(霧峰，a:臺農 351 號，1985-1998 秋作平均；b:臺農 1 號，1989-1993 秋作平均)

二、夏作田菁敷蓋不整地栽培區，具有較佳之土壤理化性質

一般探討綠肥作物之效果，較常討論綠肥掩埋入土壤中能提供氮素，故可減少後作物化學肥料之用量，而不整地栽培法則是利用殺草劑殺死綠肥及田間雜草作爲田面敷蓋，在無人爲破壞(耕犁)土壤結構之情形下，綠肥地上部敷蓋之量及地下部(根系)生長之情形，成爲影響土壤理化性質之重要因子，隨著田菁高度之增加，其乾物重呈顯著增加之趨勢，即作爲田面敷蓋量大幅增加，而值得注意的是，其根系在土壤構造較硬之農試所農場土壤，當田菁高度 3 公尺左右時穿透土壤深度可達 90 公分(圖 4)，而依現行玉米栽植密度計算每株玉米之立地面積(行株距 70cm x 25cm，57143 株/公頃)生長有約 9.5 株田菁，故田菁旺盛、深入土中且多量之根系，勢必影響土壤性質及後作玉米之生育。

圖 4.田菁株高約.3 公尺左右時，根系穿透密實土層達 90 公分深之情形

1.適當之粗孔隙率與較高有效水分

表 2 為第一期作水稻收穫後，經過七月初旬至九月初旬期間，田菁中間作或休閒後以整地和不整地兩種方式播植秋作玉米後之表層土壤粗孔隙率和易有效水分率情形。可見不整地區中無田菁中間作者(T_0G)，土壤相當密實，總體密度為 1.36，而粗孔隙率則僅及 5.2%。不整地區中有田菁中間作(T_0G)，則土壤之粗孔隙顯著增加為 13.8%，達到日本「地方增進基本指針」中所規範之標準。其易有效水分率亦較無回菁中間作者(T_0G_0)略有增加而達標準。Jones 等(1968)亦指出不整地區之有效水分高於整地

區。

整地區(TG_0)土壤之粗孔隙率雖較不整地區顯著增加，卻導致易有效水分率之降低(亦即粗孔隙增加，毛細孔隙卻降)，對於水分之保持或養分(尤其是磷)在土壤中之擴散不利。事實上，因秋作玉米初期天旱時，整地栽培之玉米較不整地者植體中之磷含量顯著的低，而有缺磷徵狀，雖然兩者均施 P_2O_5 90kg/ha 之基肥。整地區與不整地區土壤之有效磷測值並無差異之情形下發生上述玉米磷營養上之差異，顯然與土壤中易有效水分低，磷的吸收較難有關。

表 2.田菁中間作及整地與否對表土粗孔隙和易有效水分率之影響(1986 秋作)

處理區別 Treatments	粗孔隙(%) Porosity(%) at pF 1.5	易有效水分(%) Moisture (vol.%) between PF1.5&pF3.0	總體密度 Bulk density	總孔隙率(%) Total porosity
T_0G No-till(不整地、田菁敷蓋) Sesbania mulchecd	13.8	15.4	1.21	54.3
T_0G_0 No-till(不整地、無田菁) no Sesbania	5.2	14.5	1.36	48.7
TG_0 No-till(整地、無田菁) no Sesbania	28.5	12.2	1.02	61.5
The criteria in Japan	＞10	＞15		

2.土壤水分之保持較爲穩定

圖 5 玉米種植後於 N120 公斤/公頃之試區埋設石膏塊以測量土壤水分狀態，深度爲 20 公分。 由圖 5 中可知表層土壤整地區之水分張力值顯著的高於不整地區(T_0)，尤其是田菁掩埋區 ，可能因掩埋田菁造成表土更疏鬆，水分散失快，張力值高於 2.5Bar，而根據整地區之根重調查，顯

示超過 90%之根分布在表層土壤，此種水分變動劇烈，不利於玉米吸收水分及養分(尤其是磷)， 即秋作玉米初期天旱時整地栽培之玉米較不整地者植體中之磷含量顯著的低。而田菁區與無田菁區之差異則較小。

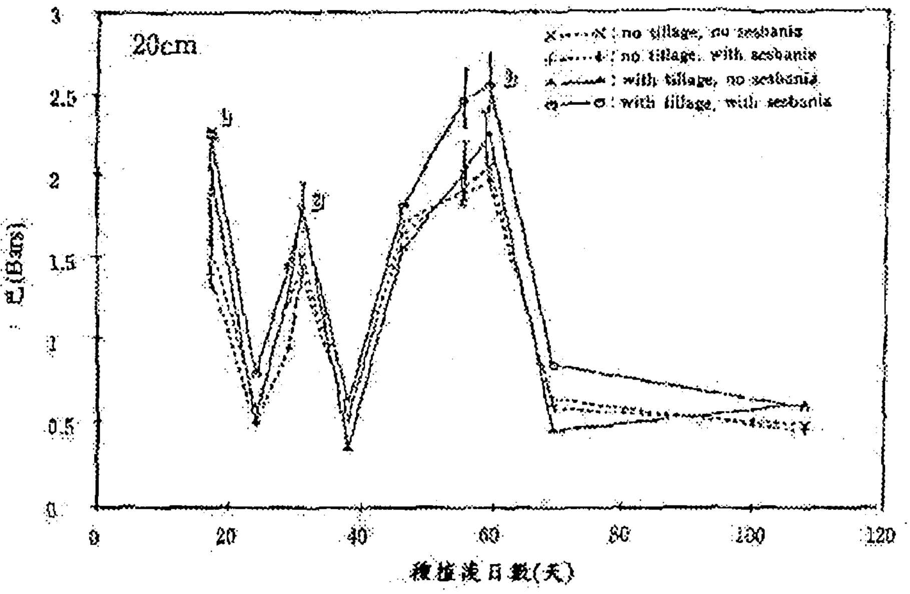


圖 5. 田菁中間作及整地與否對表土水分張力變化之影響(註 1，2，3 分別為為幼苗期 17DAP(days after planting)，膝高期 31 DAP，雄穗抽出期 59 DAP 分別為灌溉日期，霧峰本所 1989 秋作)

3.旺盛而深入土中之田菁根系形成之根孔，使土壤具較高之入滲速率

前已撰敘田菁具旺盛之根系，及不整地田菁區較不整地無田菁區具較高之粗孔隙達 2.64 倍，此種物理性之改變必會影響其入滲速率。田間測定結果亦示，不整地無田菁區之入滲速率為 1.40 公分/小時，而不整地田菁區測值則為 2.25 公分/小時比無田菁區增加 61%，依據 Booker tropical soil Manual(Landon 1984) 之分級＜2.0 公分/小時者屬中慢級，較適合水稻生長而不適於旱作生長。入滲速率之改變應有助於較密實土壤之通氣及表層土壤之迅速排水，即後作之玉米作較不易遭受浸水之傷害，及在通氣

良好之環境下根部有較高之活性，於收穫期挖取玉米之根系觀察，不整地田菁敷蓋區玉米有大量根系且為白色，而田菁整地掩埋區則根系較小且呈黃色(圖 6)。

圖 6.整地與否及田菁有無玉米根系生長之情形(左 1 整地無田菁區；左 2 整地有田菁區；右 2 不整地無田菁區；右 1 不整地有田菁區，採樣時期為玉米收穫時)

4.降低鹽分地表土置換性鈉含量及電導度值

表 3 為玉米種植時之土壤置換性鈉、電導度及 pH 值，顯示不整地田菁敷蓋之表土顯著地具有較低之置換性鈉含量及電導度及 pH 測值，而整地田菁掩埋區則並無此種效果，又由收穫期之土壤分析資料顯示至收穫期時不整地田菁敷蓋區之置換性鈉仍顯著較不整地無田菁區低，此種情形可能為不整地區因生產較多量田菁吸收大量鈉，且於玉米作內仍未大量釋放出來，以及大量之田菁根孔有助於土壤中之鈉移至深層土壤。

以上均利於玉米根系之發展及活性之維持，及水分及養分之吸收，使玉米生育良好，產量提高。

表 3.田菁後作玉米播種期土壤置換性鈉與電導度及 pH 值(臺南 1993 秋作)

地點	土壤深度	處理	置換性鈉 (mg kg^{-1})	指數	電導度(1:5) mmhos cm^{-1}	指數	PH (1:1)	指數
1	0- 15 (cm)	T G_0 [2]	123(6) [1]	100	0.06(0.01)	100	7.85(0)	100
		T G	103(6)	84	0.05(0.01)	83	7.80(0)	99
		T_0G_0	301(74)	100	0.23(0.12)	100	7.75(0.05)	100
		T_0G	187(82)	62	0.06(0.03)	26	7.15(0.05)	92
	15-30 (cm)	T G_0	107(26)	100	0.04(0)	100	8.10(0)	100
		T G	149(29)	139	0.06(0.01)	150	7.95(0.05)	98
		T_0G_0	431(55)	100	0.21(0.05)	100	8.25(0.05)	100
		T_0G	182(82)	42	0.12(0.02)	57	8.25(0.5)	100
2	1- 15 (cm)	T G_0	243(41)	100	0.15(0.03)	100	7.85(0.05)	100
		T G	224(36)	92	0.22(0.09)	147	7.70(0)	98
		T_0G_0	236(25)	100	0.22(0.01)	100	7.80(0.10)	100
		T_0G	211(57)	89	0.15(0.05)	68	7.83(0.03)	100
	15-30 (cm)	T G_0	361(61)	100	0.20(0.04)	100	7.85(0.05)	100
		T G	416(72)	115	0.29(0.02)	145	7.68(0.08)	94
		T_0G_0	416(8)	100	0.29(0.04)	100	7.65(0.05)	100
		T_0G	392(17)	94	0.20(0.01)	69	7.7(0)	101

註 1：全部數據爲二重覆平均括弧內爲平均值之標準機差

註 2：location 1 T 區與 T_0 區相隔約 100 公尺

另外於臺南輪作區設置之試驗田因前作收穫後隨即整地有較長之時間產生礦化氮及田菁經掩埋迅速分解產生大量無機態氮素(表 4)，可供後作玉米吸收利用，如果農民仍施用大量肥料，夏作田菁掩埋幾無功效可言，圖 7 三處試驗田之平均顯示無田菁區需施 N120 公斤/公頃，才可得較高產量，而有田菁區僅施 60 公斤/公頃即足夠，可節省氮肥 60 公斤/公頃，約爲田菁氮素含量之一半。因此建議氮肥施用方式應作適當調整，盡量減少種植時基肥之氮素用量，而將大部份氮肥平均於膝高期及雄穗期施用，且應降低氮肥用量，約 60 公斤/公頃，以期有效地利用土壤中之氮素，避免污染環境。

表 4.田菁掩埋及玉米播種時土壤無機態氮含量(1993 秋作，學甲三處試區平均)

土壤深度	田菁有無	採樣時間	
		田菁掩埋	玉米種植 [1]
0-15	+	24.7 [2]	69.9
(cm)	−	29.2	37.7
15-30	+	21.6	40.0
(cm)	−	23.6	19.5

註 1.爲田菁掩埋後 17 天，三處試區平均

註 2.全部數據係 2 重覆平均

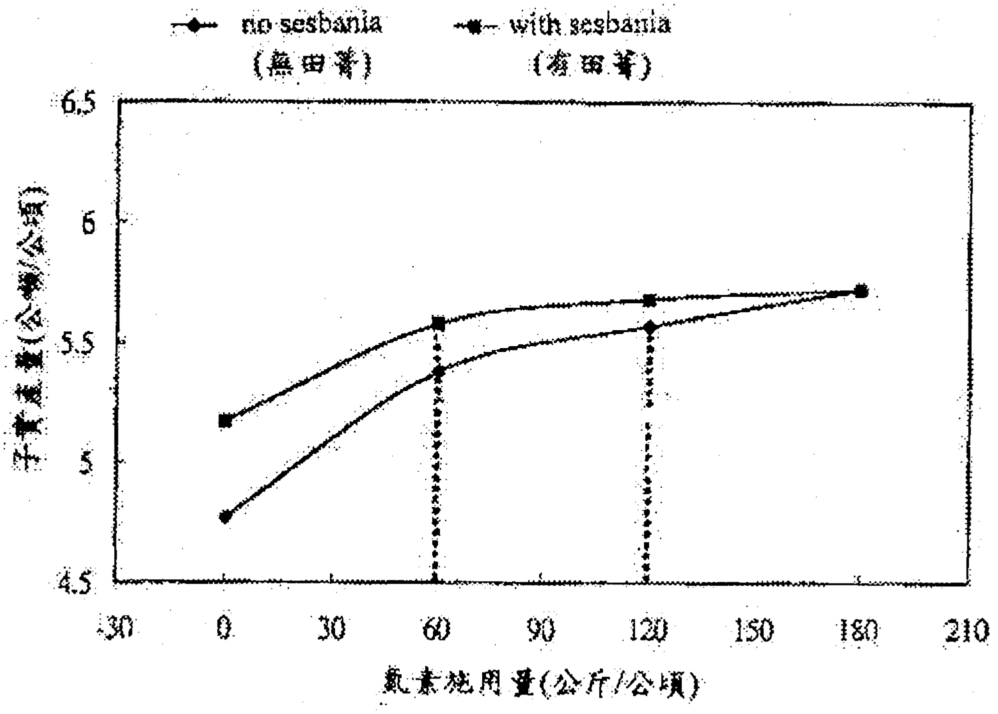


圖 7.田菁區與無田菁區不同氮肥用量下玉米子實產量之比較

(1993 秋作，學甲三處試區平均)

試驗資料也顯示採行玉米不整地田菁敷蓋之栽培模式，有益於玉米之氮素吸收及所吸收氮素之穀生產效率(NE；nitrogen efficiency)之提高，顯著增加子實產量，且節省整地、培土、肥料費用等生產成本，也提高農民收益。且能節省農機用油之消耗，避免污染環境，實爲一種優良之栽培模式。

結 語

不整地田菁敷蓋方式雖爲一良好之栽培模式，但現階段此種栽培模式仍有蟲害較整地栽培嚴重之缺失，需加以注意及改進，才可能達實用及完善之境界。針對目前大部份採行田菁整地掩埋之耕作方式，一定要減少其後作之氮肥施用量，才能善用田菁之氮素含量。此外，耐鹽性高之田菁亦被建議在高複作、高施肥之農田(如蔬菜園)適當排入其輪作制度中，以吸收土壤中過度累積之營養鹽，當然其後作之肥料施用量也要適量的減少。總之，種植綠肥田菁除了有上述對土壤保育、防治雜草、提高作物生產、降低化學肥料使用量、減少環境污染等正效益外，一大片綠油油的綠肥田菁亦可使農村風光生色不少，提高生活品質。而採取省工耕作法之不整地敷蓋方式除使農家之收益增加外，更可減少農機用油之消耗，避免浪費能源及減少空氣污染。

主要參考文獻

1.九州(土壤與農業)編集委員會。1979。九州の土壌と農業。p.215－218。

2.王鐘和、連深。1992。綠肥田菁在轉作田輪作制度之應用。興農 283：30－33。

3.王鐘和。1993。輪作田玉米栽培技術及氮素營養管理。臺灣大學農業化學研究所博士論文。台北市。251 頁。

4.王鐘和、連深、洪崑煌。1994。輪作田夏作田菁及其耕耘方式對秋作玉米生育及子

實生產之影響。土壤肥料試驗報告專集。農林廳編印。P1－32。

5.王鐘和、連深。1996。高梁玉米輪作田不同耕耘方式與氮肥用量試驗。土壤肥料試驗報告專集。農林廳編印。P125－141。

6.連深、王鐘和。1988。田菁中間作與耕耘方式對水稻、玉米輪作田土壤理化性質及玉米生產之影響。中華農業研究 37(4)：416－423。

7. 連深、王鐘和。1991。夏作田菁在稻田輪作制度之應用－對土壤肥力及作物產量之效果。輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討會論文專輯 p.111－128。

綠肥油菜應用技術

林毓雯　王鐘和

行政院農業委員會農業試驗所

油菜又名菜籽或油菜籽，原產地在歐洲與中亞一帶，植物學上屬於十字花科蕓苔屬之一年生草本植物，常見的是 Brassica capestris 及 B. napus 兩種，花有四枚花瓣，一枚雌蕊和六枚雄蕊。可分為大油菜（西洋油菜）及小油菜（中國油菜）兩種，本省栽培者多為在來種之小油菜，植株及種子均較小，為早熟品種。

油菜的功用

(一)鮮食：油菜抽苔前之嫩葉鮮美可食，嫩莖及葉也可以當作蔬菜食用，在剛開花抽苔時，苔心即為一道美食。

(二)搾油：油菜種子含油量達 35~50%，可以搾油或當作飼料用。

(三)綠肥：油菜栽培容易，種子及耕作生產費用少，且莖葉產量多，容易翻耕，植體養分高，分解容易，可改善土壤理化性，提高土地生產力，為一優良綠肥。

(四)休閒景觀：油菜由於花色鮮黃，花期甚長，花姿婀娜美麗，極具有景觀價值，尤其冬季作物收穫後，土地裸露，栽種一片油菜田，等抽苔開花時，一片黃色的花海，可增添許多生氣。近年來政府倡導有機農業、獎勵農田休耕，利用休耕期間栽種綠肥，其中以油菜栽培面積最多，油菜花更成為花東地區冬季主要觀光賣點之一。

一、栽培與管理

(一)播種期

油菜之適應性大，耐鹽、耐濕、耐風、耐旱、耐寒，全省均可栽

培，為本省冬季主要綠肥作物之一。各地區適當播種期如下：

地區	播種期		
	一期作	二期作	秋冬裡作
北部	2-4 月間	9 月中旬	10 月下旬-11 月中旬
中部	—	—	10 月下旬-11 月中旬
南部	—	—	10 月下旬-11 月下旬
東部	1 月下旬-2 月上旬	—	10 月下旬-11 月下旬
澎湖	—	10 月下旬	—

(二)播種量：一般每公頃 7 至 8 公斤，可依實際需要調整播種量，土壤肥力高者可酌量減少種子。土壤肥力低的地區如澎湖，則可提高播種量為 8 至 10 公斤。

(三)播種方式：採撒播方式，因油菜種子細小，為了撒佈均勻，播種時可與適量砂或堆肥混合後撒播。一般多採用不整地播種法，於水稻收穫前 3 天將種子均勻撒播於田間，水稻收穫時利用聯合收穫機將稻草切細後敷蓋於田間，保持田土濕潤，增加發芽率。若採整地播種者，可先行整地後再撒播種子並保持田土濕潤。

(四)施肥：綠肥作物一般需肥量不多，油菜也不例外，但若生育初期管理得當，則油菜發育良好，可增加生質量，因此可於生育初期酌量施肥。依作物施肥手冊每公頃可施氮素 10-20 公斤、磷酐 18-27 公斤。

(五)灌溉及排水：油菜為好濕忌浸的作物，生育初期宜有適當的水分以利生長，故在生育初期需酌量灌溉以保持土壤濕潤。但如果排水不良，根部又會缺氧影響生長，且易罹菌核病。因此栽種於水田及排水不良農田宜注意排水問題，所幸本省中南部冬季少雨，排水多半不成問題。

(六)病蟲害：油菜屬十字花科作物，病蟲害的發生與十字花科蔬菜相似，包括小菜蛾、蚜蟲、擬尺蠖及紋白蝶等害蟲，病害有菌核病。若發生病蟲害應及早防治，或以曳引機掩埋入土壤，避免成為附近農田作物之病蟲源。根據農委會編印之「綠肥作物栽培利用」一書中所載，蚜蟲、小菜蛾及擬尺

蟻可噴施 90%納乃得可濕性粉劑 2000 倍，或 50%馬拉松乳劑 1500 倍防治。菌核病可噴施 50%免克寧可濕性粉劑 1000 倍防治。

二、施用時期及注意事項

(一)施用適期

油菜植體所含養分隨生育期而改變，養分最高峰大約在開花盛期，因此這個時期施用肥分最高。然而，種植油菜綠肥的目的有時並非純粹爲了提高肥力，也有爲了水土保持，因此施用時期視情況而異。如果爲了提供後作肥分，則以油菜開花盛期、後作種植前 15 至 20 天掩施最佳，因爲此時油菜養分含量高，且掩埋入土到後作種植中間，又有充分的時間讓植體分解釋出養分。如果爲了其他目的種植油菜，掩施時期可視情況而變，但最遲應在後作物種植前 15 至 20 天翻犁入土，以免植體分解過程所產生的高溫或中間代謝物影響後作生長。

(二)油菜產量及養分含量

油菜每公頃生草產量約爲 20 至 35 公噸，鮮草含三要素量爲氮素 0.21%，磷酐 0.02%，氧化鉀 0.28%。因此每公頃可提供氮素 42～73 公斤，磷酐 4～7 公斤，氧化鉀 56～98 公斤，約相當於硫酸銨 200～350 公斤、過磷酸鈣 22～38 公斤、氯化鉀 94～164 公斤之養分。

(三)施用注意事項

1.油菜植體分解很快，因此後作應酌量減施肥料，尤其是氮肥用量更應注意，以免氮肥過量而引起倒伏、抗病力減弱。一般來說，短生育期的作物，可減施油菜含氮量 50%的氮素，長生育期的作物如水稻，則可減施油菜含氮量 75%的氮素，並且視生長情形調節後期的施肥量。

2.綠肥掩施後，田區應有適當水分以促進分解，因此需適量灌水。且最遲須於後作種植前 15 至 20 天施用，使植體充分分解釋出養分，並避免分解過程的中間產物對根系造成傷害。

3.油菜分解過程會產生部分有機酸，因此施用石灰資材可促進其分解，也可中和土壤酸性。依據作物施肥手冊建議，施用時如土壤酸鹼值在 5.5 以下，每公頃可施石灰資材 1.5 至 3 公噸，調整土壤酸鹼值。

水田綠肥作物滿江紅

簡宣裕[1] 林錫錦[1] 李啟彰[1] 黃維廷[1] 張金城[2]

行政院農委員會農業試驗所[1] 行政院農委員會中部辦公室[2]

摘要

滿江紅是一種水生蕨類植物，滿江紅科、滿江紅屬。滿江紅屬有 6 種：*Azolla Carolinian*、*A. filiculoides*、*A. mexicana*、*A. microphylla*、*A. nilotica*、*A. pinnata*。本省原有之滿江紅只有 *A. pinnata* 一種。滿江紅葉分裂爲上下兩片，懸浮在水面之上裂葉有氣孔，葉內側有很多小孔穴，內含有固氮藍綠藻 *Anabaena azollae*。滿江紅可培養於不含氮源培養液中，最需要的養分是磷，其次爲鐵；每公頃施用 54 公斤臺肥複合 1 號、臺肥複合 4 號或尿素會殺死滿江紅。施用硝酸態氮不會影響滿江紅的固氮活性。最合適之照光度爲 12,000 Lux，最適宜生長的 pH 爲 4.5 至 7.0。本省原有之 *A. pinnata* 品種較適合之生長溫度爲 15℃ 至 30℃。滿江紅因上裂葉小孔穴內有固氮藍綠藻，故固氮活性極強，可與水稻共作，插秧前先於田間培養滿江紅，在插秧前整地時犁入土壤中可以當做綠肥。插秧後即接種滿江紅，可以抑制水稻田大部份的雜草，其效果與施用“馬上除”效果相似。本省能源蘊藏並不豐盛，又要消耗大量能源來製造化學氮肥，以供應農業生產上的需要，故如何減少化學氮肥的使用量，是值得探討研究的工作，而培養滿江紅可以用來顯著減少水田化學氮肥使用量，故在可見的未來甚具有前瞻性經濟價值。

一、滿江紅的分類地位、形態、習性

滿江紅分類上是屬於滿江紅科、滿江紅屬。屬內有六種，即 1. *Azolla caroliniana* 分佈於北美洲及歐洲， 2. *A. filiculoides* 分佈於美洲及歐洲， 3. *A. mexicana* 分佈於中美洲及北美洲， 4. *A. microphylla* 分佈於南美洲， 5. *A. nilotica* 分佈於非洲， 6. *A. pinnata* 分佈於亞洲、大洋洲及非洲。以往曾有滿江紅 *A. imbricata* (Roxb.) Nakai 及非洲滿江紅（*A. africana* Desb.）等之記載，但皆爲 *A. pinnata* 之別名。由本研究室從臺中、淡水、宜蘭、鳳山、埔里及本省其他各地所採集得到的均只發現 *A. pinnata* 一種。

滿江紅爲懸浮於水面的多年生蕨類，經常在水田、池塘、水溝及低窪地均可見。主要分佈區域在亞熱帶及熱帶。滿江紅之大小依各品種之不同而異，例如 *A. pinnata* 的長度只有 1 至 2.5cm 長，而 *A. nilotica* 則有 15cm 長以上，植株之形狀亦依各不同種而異，例如 *A. pinnata* 呈三角形， *A. filiculoides* 、 *A. mexicana* 及 *A. microphylla* 呈多邊形。植物體有根、莖、葉之分化，莖著生葉與根，葉互生排列，每葉分裂爲上下兩片，上裂片懸浮於水面上，含有氣孔，內充滿很多小孔穴，穴內有一種固氮念珠狀藍綠藻 *Anabaena azollae* （圖 1）。在秋冬低溫時，不耐寒之品系，植物體由綠轉紅 （圖 2.） ，故名滿江紅，轉紅之主要原因爲產生大量的紅色花氰素所致。 6 不同品種滿江紅之中，除了 *A. nilotica* 之外，其餘 5 種均會產生紅色花氰素。繁衍方式主要行無性繁殖，當天氣寒冷或炎熱時會產生雌雄孢子，才進行有性生殖。孢子囊果著生在側枝第一枝葉之下方裂片上，大小孢子囊果混生，大孢子囊果球形（雌性），成熟時呈栗殼色，小孢子囊果隋圓形（雄性），呈綠色。行有性生殖時，大小孢子囊果成熟時落在水中，經過相當時期，孢子囊表皮腐爛放出孢子，該雌性孢子發育成爲卵孢子，再由雄性孢子放出精孢子交配而發芽成爲滿江紅孢子植物體（圖 3.），幼滿江紅孢子植物體成長較慢，至農曆一至三月氣候溫和時，才快速生長。本地種滿江紅其生長與增殖速度非常快，在接種後二星期內鮮重往往可增加爲原來的 15～20 倍，而在長滿水面後能繼續以疊層

（multiple layers）的方式增殖，在溫室估計其疊層數在 45 天後為 4 層左右，但田間估計在 5-6 層之間。

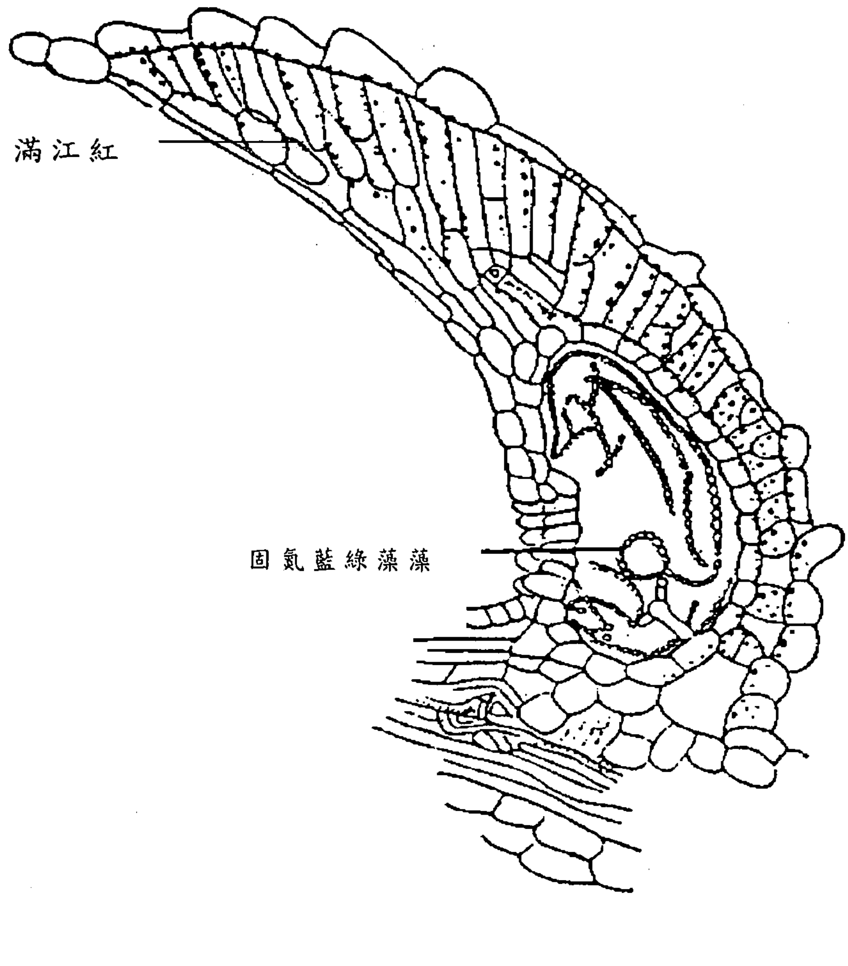
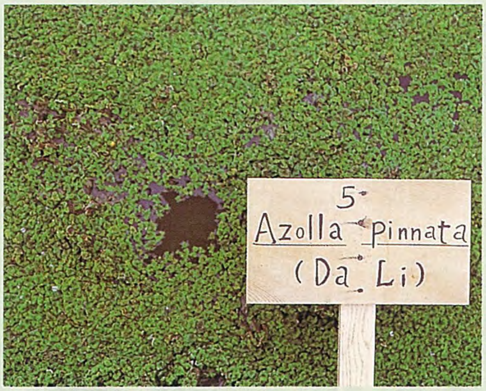


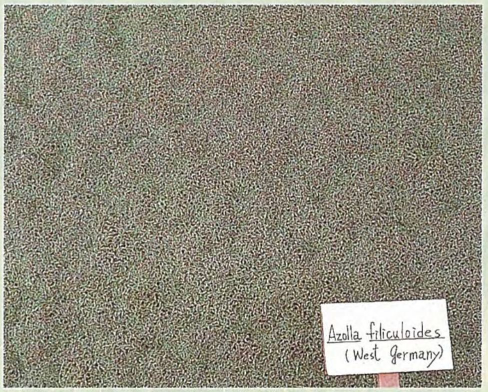
圖 1. 滿江紅上側葉片切面圖，小穴中有念珠 狀固氮藍綠藻 — *Anabaena azollae*



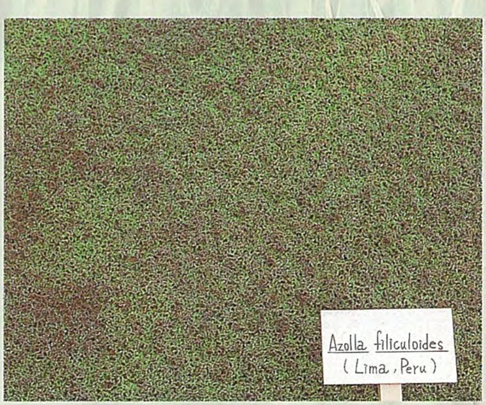
Azolla pinnata (Da Li)

Azolla microphylla

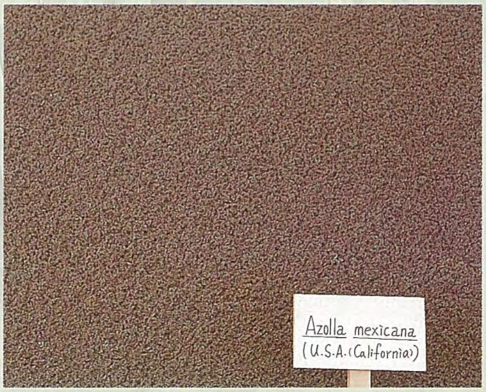
Azolla mexicana



Azolla filiculoides (West



Azolla filiculoides



Azolla mexicana

圖 2. 滿江紅 *Azolla pinnata* (Da Li) 與 *Azolla microphylla* (Paraqay) 於臺灣秋冬養殖仍然生長迅速且保持鮮綠，其餘品種 *Azolla mexicana* (Guiana) 、 *Azolla filiculoides* (West Germany) 、 *Azolla filiculoides* (Lima, Peru) 及 *Azolla mexicana* (U.S.A., California) 則生長減緩且顏色容易轉紅。

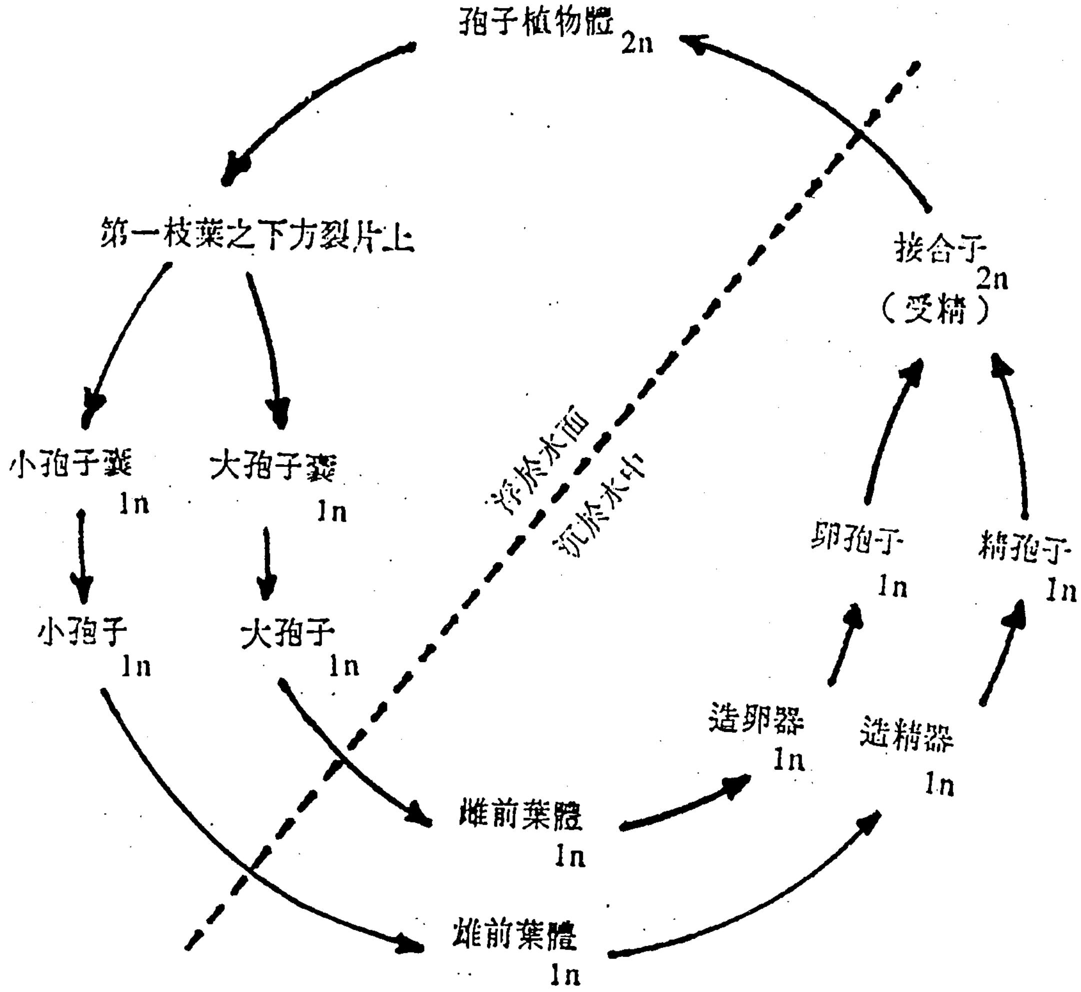


圖 3. 滿江紅有性世代生活

二、環境因子對滿江紅生長的影響

（一）照光度

一般滿江紅對照光度很敏感， *A. pinnata* 之固氮力在 14,000 Lux 至 27,000 Lux 時並無區別，當日照光度達 80,000 至 90,000 Lux 時 *A. pinnata* 固氮活性明顯減少，置于黑暗條件下 *A. pinnata* 的固氮活性在一小時後即降低接近於 0 。 Peters 氏研究 *A. carolinianà* 時發現其固氮活性在 4,840 Lux 時就會呈飽和，與 *A. pinnata* 有很大的不同。本研究室試驗用之 *A. pinnata* 於 9,000 Lux 照光度時固氮活性頗高， 12,000 Lux 以上呈飽和（表 1.）。

表 1. 照光度對滿江紅（*Azolla pinnata*）之影響

照光度	栽培後天數			
	0 天		3 天	
(Lux)	鮮重	固氮活性	鮮重	固氮活性
0	0.30	90.4	0.24	0.0
1000	0.30	92.1	0.45	63.8
3000	0.30	87.5	0.52	98.2
6000	0.30	97.0	0.61	98.0
9000	0.30	97.0	0.66	116.8
12000	0.30	90.0	0.70	126.2
15000	0.30	102.3	0.71	128.6

鮮重： 公克。固氮活性： n moles C_2H_4. 0.1 g fw/hr。

（二）溫度

溫度方面據 Watanabe 研究 *A. pinnata* 時發現在 26 ℃/18 ℃ ，與 31/24 ℃ 水溫時其生長情形都相差不遠，但在 35/27 ℃ 時生長降低了 50% 左右。滿江紅對低溫適應性亦差，越南農民所用之 *A. pinnata* 在溫差低於 22 ℃-24 ℃ 即會死亡， *A. pinnata* 在印度無法以株體越冬， *A. filiculoides* 在 20 ℃ 以下則生長不好。國際稻米研究

中心 （IRRI） 於 1987 年研究報告指出 *A. pinnata* 在日夜溫度 37/29 ℃ 高溫下生長速度及單位面積固氮量都要比 *A. filiculoides* 及 *A. mexicana* 好得多，但在 29/21 ℃ 下 *A. filiculoides* 生長情形比 *A. pinnata* 略好，不過就田間養殖而言， *A. pinnata* 在之生長情形似乎較 *A. filiculoides* 爲好。

不耐熱帶、亞洲帶地區夏季高溫及不耐亞熱帶、溫帶地區冬天低溫，是一般使用滿江紅之主要限制因子。本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 對夏季高溫之反應相當良好，在水溫 30 ℃-40 ℃ 下仍生長良好，除非夏季特別炎熱，易生蟲害及熱害，否則本省二期作使用本地種滿江紅可不必顧慮高溫問題 （表 2.） ，本省雖然地處亞熱帶，多天寒流來襲時氣溫降到 8℃ 左右，不耐寒之品系如 *A. pinnata* (Fuchow, China) 、 *A. mexicana* (California, U.S.A.) 及 *A. mexicana* (Guiana) 等品系於多季生長停頓，全部變紅，含氮量低，不適合於一期作前養殖滿江紅當作基肥使用，而本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla* (Paraguay) 很耐寒 （表 2.） ，元月份氣溫最低時仍然長得很濃綠，且繁殖迅速疊層水面，多天又無蟲害問題，因此本省一期作使用本地種滿江紅亦不必顧慮低溫問題。

表 2. 溫度對滿江紅（*Azolla pinnata*）生長之影響

溫度（℃）	開始時滿江紅鮮重（公克）	滿江紅生長 3 天後鮮重（公克）
15	0.30	0.40
20	0.30	0.58
25	0.30	0.84
30	0.30	0.70
35	0.30	0.50
40	0.30	—

—： 滿江紅死亡。

（三）養分

1. 氮肥與磷肥對滿江紅之影響：

每公頃施用 54 公斤的硫酸銨、磷酸二氫銨、尿素、臺肥 1 號及臺肥 4 號，試驗結果顯示只有硫酸銨與磷酸二氫銨對滿江紅沒有致死的傷害，尿素對滿江紅的毒害很強，雖然每公頃氮的用量減低為 15 公斤，仍明顯抑制滿江紅的生長 （表 3. 、表 4.）。施用硫酸銨會顯著降低滿江紅固氮活性，每公頃施用 18 公斤硫酸銨時，於第 3 天及第 7 天後，滿江紅的固氮活性分別減少為原來的 75 ％ 與 9 ％；但施用高濃度的

硝酸態氮對滿江紅的固氮活性並不會影響， 15 ppm 硝酸態氮的培養液可顯著增加滿江紅鮮重，且能保持其固氮活性 （表 5.）。施用碳酸銨、醋酸銨及檸檬酸銨容易導致滿江紅死亡 （表 6.）。

表 3. 不同化學氮肥施用不同天數後對滿江紅生長之影響

肥料種類	鮮重 (公克/盆)			
	0 天	5 天	10 天	15 天
磷酸二氫銨	4	16.7	42.0	79.7
硫酸銨	4	14.0	29.3	64.3
臺肥 1 號	4	—	—	—
臺肥 4 號	4	—	—	—
尿素	4	—	—	—
不施氮肥	4	19.3	30.3	46.7

5 公斤土壤置于 35 公分 x 28 公分四方盆，維持 3 公分水位，接種 4 公克新鮮滿江紅，以盆面積換算為每公頃施用 54 公斤氮。 —：滿江紅死亡。

表 4. 不同尿素量施用不同天數後對滿江紅生長之影響

尿素用量（公斤氮/公頃）	鮮重（公克/盆）		
	0 天	6 天	14 天
0	4	18.2	42.0
5	4	11.8	19.3
15	4	12.0	17.3
45	4	—	—

5 公斤土壤置于 35 公分 x 28 公分四方盆，維持 3 公分水位，接種 4 公克新鮮滿江紅。 —：滿江紅死亡。
尿素用量：以盆面積換算爲每公頃施用量。

表 5. 滿江紅於不同硝酸態氮濃度之 Tollen's 培養液中對鮮重及固氮活性之影響

硝酸態氮濃度(ppm)	鮮重（公克/盆）		固氮活性 (n moles C_2H_4 / 0.1 g f w, hr.)	
	0 天	3 天	0 天	3 天
0.0	0.3	0.52	89	92
15.0	0.3	0.73	95	101
76.0	0.3	0.75	82	99
153.0	0.3	0.70	85	101
306.0	0.3	0.60	85	98

每盆面積 113 平方公分，滿江紅培養時間爲 3 天

表 6.不同銨鹽對滿江紅生長之影響

銨鹽種類	鮮重產(公克)		
	0 天	5 天	12 天
硝酸銨	4	13.7	33.2
氯化銨	4	11.3	33.3
醋酸銨	4	5.0	9.8
碳酸銨	4	—++	—
檸檬酸銨	4	—	—

每盆面積爲 35 公分 × 28 公分。銨鹽用量以面積換算爲每公頃施用 45 公斤氮。 —：滿江紅不能生長。

一般而言田間養殖滿江紅最重要的肥料是磷肥，通常培養滿江紅不必施用氮肥，若滿江紅與水稻之共作系統中，若必須施用化學氮肥時，必須配合適量的過酸磷鈣一起施用，可以每次以 18 Kg/ha 之硫酸銨配合 P_2O_5 20 Kg/ha 至 40 20 Kg/ha 才能使滿江紅保持生長良好，且不影響滿江紅之固氮力 （表 7.） 。

表 7. 硫酸銨及過磷酸鈣用量對滿江紅鮮重產量之影響

N 用量	P_2O_5 用量（Kg/ha）							
	80		40		20		0	
(Kg/ha)	S	I	S	I	S	I	S	I
	鮮重 （公克）							
54	3.1c	4.0	7.1	6.9	4.2	4.2	4.2	4.2
36	4.9	5.5	9.2	8.5	7.4	6.7	5.7	7.1
18	6.6	5.5	9.3	8.7	8.2	7.7	5.1	7.0
0	5.0	5.0	7.6	8.2	9.5	8.6	4.9	對照

每盆面積 113 平方公分，硫酸銨與過磷酸鈣用量：以盆面積換算爲每公頃施用量。 S: 肥料施於土壤表面。 I: 肥料混入土壤裡面。 滿江紅接種量：0.5 公克，生長期：21 天。

2. 鐵濃度的影響：

水溶液中含 2ppm 以上 EDTA-Fe 就可以使滿江紅生長良好，而以 5ppm EDTA-Fe 最適合滿江紅的生長，雖然不添加 EDTA-Fe 滿江紅的鮮重仍會增加，但增加的鮮重與固氮活性都顯著降低，而且滿江紅的植體會變黃，氮含量降低（表 8.）。

表 8. 不同濃度鐵（EDTA-Fe）及培養天數對滿江紅鮮重與固氮活性之影響

鐵濃度	0 天		4 天		
ppm	鮮重	固氮活性	鮮重	固氮活性	培養後氮濃度
0	0.3	95.2	0.66	73.2	3.8
2	0.3	100.1	0.83	124.6	4.6
5	0.3	92.3	0.83	131.6	4.9
10	0.3	84.4	0.78	123.8	—
20	0.3	85.7	0.77	113.5	—

鮮重單位：公克。固氮活性單位：n mole C_2H_4/0.1g fresh weight, hr.
—：沒有測定。

(四)土壤種類及水深

不同性狀土壤不但影響滿江紅之生長，而且也影響滿江紅對磷肥之反應。滿江紅在酸性土壤中生長情形要比鹼性土壤佳。在 pH 值適應方面，本研究室試驗所用之 *A. pinnata* 適應範圍在 4.5-8.5 之間，而以 5.5 最佳，與 Watanabe 之結果相似。本研究室所用之滿江紅 *Azolla pinnata* 最適範圍在 5.5 左右，其對不同性狀土壤之反應偏好酸性土壤。在加施磷肥後，發現滿江紅在酸性粘板岩沖積土中對磷肥反應最佳，而在鹼性粘岩沖積土中對磷肥反應最差，甚至有類似毒害的情形發生。由試驗結果及工作經驗知道，水深亦影響滿江紅生長甚鉅。在酸性粘岩沖積土之情況下，3 公分以上的土水方使滿江紅反應出最好的磷肥效用（表 9.）。而以田間實際養殖之情形而言，若水深不足以使滿江紅飄浮，則滿江紅之生長速率甚慢，無法在同一時間內達到一般飄浮

情形時之滿江紅鮮重量，因而會嚴重影響田間的養殖。

表九、 不同水深對滿江紅生長之影響

水深	鮮重產量（公克）			氮濃度（%）
(公分)	0天	7天	14天	14天
1	4	19.2	41	3.05
3	4	30.1	56	4.07
6	4	31.4	58	3.34

三、滿江紅固氮之肥效及抑制稻田雜草

（一）滿江紅之肥效：

肥效試驗結果，滿江紅共作者與不施氮肥區比較，事實上並無顯著差異，但滿江紅拌入土中當基肥然後配合滿江紅共作，則肥效可有施用化學 N 60 kg/ha 相同或接近 N 100 kg/ha（表 10.）。因此顯然可看出滿江紅之肥效主要是來自拌入土中滿江紅鮮體。滿江紅覆蓋水面或土面對減少化學氮肥之逸失應具有相當的助益，此由滿江紅共作配合化學氮肥 N 60 kg/ha 的肥效與 N 100 kg/ha 者相似，可以得到旁證。滿江紅 *A. pinnata* 掩施當基肥使用（含 N 47 kg/ha），其肥效比施化學氮肥 N 60 kg/ha 之處理者較優，而且相當接近於施用化學氮肥 N 60 kg/ha 之處理者（表 11.）。

表 10. 本地耐熱又耐寒品種 *A. Pinnata* 對水稻之肥效試驗

處 理	稻穀產量（公斤/公頃）	
	70 年二期作	71 年一期作
施氮肥 100 公斤/公頃	5121	5350
施氮肥 60 公斤/公頃 ＋滿江紅共作	5090	4650
滿江紅當基肥 ＋滿江紅共作	5040	4916
施氮肥 30 公斤/公頃 ＋滿江紅共作	4292	4016
滿江紅共作	4064	3916
無氮區	3718	3900

表 11. 耐寒品種滿江紅大面積肥效試驗對水稻穀產量之影響

處 理	穀產量(公斤/公頃)	指 數
化學氮肥全量區 （N 120 Kg/ha）	6439	100
化學氮肥半量區 （N 60 kg/ha）	5464	85
掩施 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan)	6044	94
掩施 *A. microphylla* (Paraguay)	5396	84

（二）滿江紅抑制雜草：

插秧後即接種滿江紅，由於滿江紅生長迅速疊覆水面，對大部份水田雜草都有抑制的作用，其防治雜草之效果與施用「馬上除」殺草劑相似。在滿江紅共作之各試驗區於試驗期間內，除鴨舌草與雙雀稗草偶有發現外，其他水田雜草甚少發生（表 12. ，圖 4.）。在共作期

間由於水稻植被能迅速覆蓋空間，自有防草功能，因此不必再有任何防草工作。故利用滿江紅做爲水田雜草之生物防治，在今後水田作物栽培上將有很實用的價值。

表 12. 滿江紅與水稻共作對稻田雜草抑制之效果（水稻一期作）

處理	雜草相及雜草數(株)/0.5m² (三重複之平均)					穀產量 公斤/公頃
	鴨舌草	螢藺	紅骨草	稗草	球花篙草	
不接滿江紅，不施殺草劑	723	114	33	17	8	4998
接種滿江紅 100 g/m²，不施殺草劑	55	48	6	0	0	6603
接種滿江紅 200 g/m²，不施殺草劑	41	18	14	3	0	5921
接種滿江紅 300 g/m²，不施殺草劑	21	9	2	0	0	6272
不接種滿江紅，施用殺草劑「馬上除」30 Kg/ha	53	11	0	0	0	6736

滿江紅爲本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan)。

雜草相及雜草數於插秧接種滿江紅一個月後調查。

圖 4. 滿江紅與水稻共作可顯著抑制雜草

豆科綠肥作物新品種——綠肥大豆台南 4 號

連大進　吳昭慧　黃山內

台南區農業改良場

前言

綠肥大豆台南 4 號的育成，符合當前農業政策綠肥多樣化發展需要，更具價值的是「新品種極適合春、夏季水旱綠肥栽培與秋作種子繁殖之用途」，突破國內綠肥種子大面積採種困難。新品種 90 年已推廣 4 千多公頃，預計秋作在學甲、麻豆、安定、佳里、將軍、新市、東山、下營、官田、後壁、善化、七股、義竹、六腳、東石、朴子、虎尾等 17 個鄉鎮農會設採種田 500 公頃，至今年底約可生產 100 萬公斤優良種子，供應 91 年 3 萬公頃休耕田種植。有需要者，請於 91 年 1 月起就近向採種農會推廣股或透過農友居住之當地農會洽購。

綠肥大豆新品種台南 4 係台南區農業改良場由青皮豆地方種經單株選拔選出，經株行試驗、品系試驗、區域試驗及栽培法試驗，顯示其具有籽粒小、生長快速、鮮草量及肥分含量高、覆蓋期長之特性，適合春夏作綠肥栽培及秋作採種之用途，於民國 88 年 12 月經行政院農業委員會召集之作物新品種登記命名審查小組審查通過予以推廣。

水旱田利用調整計畫實施之後，提供農民長期性多樣化綠肥作物之選擇為當前重要工作，尤其休耕種植綠肥之面積大大增加，90 年已突破 10 萬公頃以上。目前在這麼大面積的休耕田廣綠肥作物僅田菁一種，而且都需國外進口種子供應，不僅外匯支出增加且易發生病蟲害。此外，田菁綠肥以短期性栽培為宜，種植時間 50～60 天即需掩施，避免植株木質化不適合機械掩施。導致一個期作休耕期長達 4～4.5 個月，要連續種植兩次田菁才能達到綠肥施用及長期覆蓋效果，相對就增加農友栽培綠肥的負擔。針對這方面，89 年一期作學甲鎮將原來種

植田菁綠肥調整爲綠肥大豆台南 4 號，由種植至掩埋時期長達 150 天，解決一個期作休耕田需種植兩次綠肥的困擾。本品種育成之後，不僅提供國內一、二期作綠肥栽培優良品種，且配合當地採種，擴大土地利用紓解部分糧轉作之問題。台南 4 號爲傳統育種育成之品種，非基因轉殖作物，在用途方面，除了綠肥之外，可加工豆芽、豆腐、豆漿等健康食品。

新品種之特性

一、農藝特性

1. 生長習性：播種後約 3～7 天發芽。開期春作約 70～80 天，夏作 55～63 天，秋作約 38～48 天。生育日數春作 150～160 天，夏作 125～135 天，秋作 94～104 天。植株對光照敏感，在長日下莖葉生長茂密，適合綠肥栽培，短日下易開花結實，適合綠肥栽培，短日下易開花結實，適合進行子實生產。
2. 成熟性：晚熟種，成熟度整齊一致，成熟期落葉性良好。
3. 種植適期：
   (1)綠肥栽培：供水旱田利用一、二期作綠肥栽培。播種期從 2 月上旬至 8 月。
   (2)子實栽培：台南地區 8 月中旬至 9 月下旬，而以 9 月中旬爲最佳播種期。
4. 掩施期：春作綠肥栽培掩施期爲播種後 80～160 天爲宜，而夏作則以播種後 80～135 天爲宜。
5. 抗病性：在無接種病原菌無施農藥防治下，本品種未發現紫斑病，對露菌病及銹病之罹病率低於高雄選 10 號。
6. 抗蟲性：莖潛蠅發生率雖高，但對鮮草產量影響不大，其他害蟲之危害面積比率較高雄選 10 號爲低。
7. 適應土壤：土壤選擇不嚴，以砂質壤土或壤土最適宜，土壤酸鹼度以 pH6.0 ～7.0 最佳。
8. 產量：

(1)綠肥鮮草量：生育 80 天春作每公頃的鮮草量 21,000～37,000 公斤，夏作每公頃 20,000～36,000 公斤。每公頃植體總含氮量 113～251 公斤，磷酐 20～36 公斤，氧化鉀 122～245 公斤。

(2)子實產量：秋作每公頃人工收穫的產量 2,200～2,800 公斤。

二、植株性狀

1.植株：春作株高爲 60～107 公分，夏作株高 70～108 公分，秋作株高約 39～75 公分。分枝數約 3～7 枝。主莖節數 17～20 個。

2.幼苗：幼莖紫色。

3.莖：成長莖綠色。

4.葉：三小葉，小葉卵圓形，葉色翠綠。

5.花：紫色。

6.豆莢：莢形呈刀狀，黃褐色，被覆褐色茸毛，每夾 2～3 粒種子。

7.種子：橢圓，種皮黃綠色，子葉黃色，臍棕色，百粒重 6～10 公克。

品種的優點

一、綠肥栽培單位面積種子用量省：台南 4 號子實粒小，百粒重約 6～10 公克，每公頃播種量僅需 25～30 公斤，較一般大豆種子節省一半用量，且栽培省工管理容易。

二、生育期長且對栽培環境適應性大：屬於晚熟品種，適應高溫多濕環境生長，生育期間莖葉繁茂，維持田間覆蓋時間 4 至 5 個月，對雜草抑制效果大，田間覆蓋率完全，不僅植體鮮草產量高，植體肥分含量亦高。

三、台南 4 號之用途廣：植株青刈可作飼料，翻入土中可當綠肥，子實富含蛋白質及油分，營養價值極高，且品種爲非基因改良，確爲人體健康最佳營養品，可供青皮豆芽、豆漿、豆腐及調味速食粉之利用。

四、適合台南地區秋作採種：台南 4 號在台南縣進行秋作採種，每公

頃人工收穫的產可達 2,200～2,800 公斤，繁殖倍率約 70 倍，較虎尾青皮豆產量高。台南 4 號莖直立，最低莢位離地面達 10～12 公分以下，適合於機械採收。

栽培方式及應注意事項

一、推廣地區：根據試驗結果，台南 4 號適合雲嘉地區、彰化、苗栗、宜蘭、花蓮、高屏地區、台東的一、二期作綠肥栽培及台南縣秋作之採種。

二、栽培適期：以綠肥栽培爲目的，播種期從 2 月下旬～8 月均可種植；以採種爲目的，適合於 8 月中旬～9 月下旬種植。

三、栽培密度：綠肥栽培，採行撒播方式每公頃種子播種量約 30 公斤，若以機械條播，行距 50 公分，每公頃 20～25 公斤種子量。秋作採種，採整地機械播種每公頃種子量 25 公斤，行距 50 公分。

四、肥料施用量：綠肥栽培不施肥；種子生產之採種田，每公頃施肥量氮素 30～40 公斤，磷酐 90 公斤及氧化鉀 60 公斤。

五、綠肥播種方法分旱田式栽培及水田式栽培：

1.旱田式綠肥栽培：前作收穫後，即行整地，將種子均勻撒播田間後，再行耕耘覆土，覆土厚度不宜深約 2～5 公分，或者直接利用機械作畦播種，或不作畦直播。

2.水田式綠肥栽培：水稻收割前一日將種子均勻撒播田面，翌日收割水稻同時，利用收穫機將稻蒿細切舖撒覆蓋種子，可節省整地費用。雨季時，水田應加強排水，以利綠肥大豆生長。

六、其他管理作業注意事項：

1. 種子發芽率須達 90%以下，未達發芽率標準應提高種子播種量，確保種子發芽率，以達成早期覆蓋之效果。

2. 播種時田土保持濕潤，但不宜積水，才能提高種子出土以及幼苗生長勢，撒播種子要落點分佈均勻，可將農田分成數小區再撒播定量種子，將可提高出土整齊性，增加田間覆盧效果，抑制雜草滋生。

3. 台南 4 號子實粒小，採整地栽培方式，播種後覆土不宜過深，以免幼胚莖及子葉出土阻力大，影響發芽率，理想覆土深度爲 2～5 公分。
4. 栽培時爲減少蟲害發生，若採集團大面積栽培較爲安全，此外，種植期懸掛昆蟲性費洛蒙誘殺夜盜蟲、甜菜夜蛾成蟲，每公頃懸掛 5～10 支性費洛蒙。綠肥生育期超過 80 天以上者，若田間蟲害發生嚴重時，應適時施用殺蟲劑防治一次，對綠肥栽培或種子生產效果更佳。
5. 綠肥施用方式可採耕耘掩埋或不耕耘掩埋，掩埋時期以後作播種前 15～20 天以下施用較佳。

茶園綠肥作物魯冰

林木連　張明暉

行政院農業委員會茶業改場　行政院農業委員會農業試驗所

一、前　言

魯冰又名羽扇豆，它是一種古老的作物，人類用來栽培它，至少有 2000 年以上歷史。它原始之栽培地可能是在埃及或地中海地區。魯冰屬約有 300 個種，但是只有五種被用於經濟栽培，如當綠肥、飼料作物或觀賞用。魯冰有甜種及苦種之分，苦種主要是由於含高量生物鹼的緣故，但也因這樣比較容易抵抗病蟲害之侵襲，把魯冰當作綠肥及飼料作物栽培之國家有蘇俄、波蘭、德國、南非、地中海一些國家及澳洲，尤其是澳洲把它當作一重要之輸出穀類，前幾年台灣每年由澳洲輸入之魯冰都有數萬噸之多，最高達五萬噸。

魯冰曾是台灣北部茶園政府推廣之綠肥作物，尤其台灣光復後肥料缺乏，且價格昂貴，民國四十幾年代曾有八千公頃種植面積，然由於以後肥料價格日趨便宜，茶園勞力缺乏，魯冰播種翻埋麻煩，魯冰變成一種被遺忘之作物。「魯冰花」電影曾使魯冰在台灣聲名大噪。近來政府極力推展永續農業，使得魯冰的價值重新被重視。事實上魯冰因屬固氮之豆科綠肥作物，在全球極力推展永續農業的今天，其品種的改良，基因方面之探討改進更是被澳洲所深入加以研究。

二、魯冰的適應性

種植魯冰最好的土壤爲砂質土或砂質壤土，它是種冬季綠肥作物，抗霜害能力強，高溫會防礙魯冰之生長，且不易開花及結莢。魯冰播種初期需較長之土壤水分適濕時期，成長後土壤若乾旱它的耐旱

力也不錯。魯冰爲適應貧瘠之土壤，第一它是固氮之植物，如適當之接種根瘤菌，理論上若有根瘤著生並不推荐施用氮肥。魯冰對磷肥之利用效率極高，這是因爲它的根系會分泌酸性物質如檸檬酸(citric acid)，可使土壤中磷之有效性提高。所以對土壤磷，尤其是高固定磷土壤如紅壤之磷利用效率提高，這是大部份作物所沒有的。

三、澳洲白魯冰

談到魯冰不能沒有提到澳洲的白魯冰(white lupins)，它是一個相當成功經由育種選拔而培育出的作物。西澳政府有相當龐大之魯冰育種計畫，所育成之白魯冰品種，主爲屬 Angustifolius 種的甜魯冰，細葉、植株直立有茂密之分株，花爲白色帶有微粉紅或紫色。莢爲中等大小帶有 3 到 5 種之種子，種子顏色視品種不同有白色到褐色種。澳洲白魯冰在西澳乃一與小麥輪作相當重要之綠肥作物，除了固定空氣中之氮素給下作小麥用之外，也可把土壤中之氫、鉀吸收，暫時保存在魯冰綠肥植株而不被冬雨所淋失。

魯冰種子每百公克熱量約爲 1840 kj，蛋白質含量 32%，脂肪含量爲 6%，而另含有 15%之纖維。它的纖維成分極易消化，礦物質含量也相當平衡。此外魯冰種子含水量低、種皮厚、故甚易儲存。運銷到台灣的澳洲魯冰主要是來自西澳 Grain Pool 組織，共同收自各地之魯冰混合而成。茶改場過去也將取自台灣進口廠商之澳洲魯冰在茶園試種，結果發現雖然生長期短開花迅速，但對環境之適應性並不理想。可能所取到之種子是屬於適應性不良之品種，實有進一步作系統性引種之必要，魯冰在台灣茶園推廣之另一問題爲種子之穩定供應。然而以生長勢較強之觀點而言，還是以苦種者爲佳，且其花色屬黃色，在塑造田間之景觀上較爲漂亮。魯冰另有不同之花色如深粉紅、紫色，在澳洲亦有作切花栽培，爲一切花上難能可貴具有固氮能力之花卉作物，可以說是一種較爲永續性(Sustainable)的花卉，因爲具固氮能力，所以需要施用之肥料就不多。

四、黃花之魯冰

長久以來種植於台灣茶園當作綠肥作物的黃花魯冰已被認爲是有點退化，因爲它的發芽率，並沒有澳洲的白魯冰好，另外它初期生長極緩慢，早期選出之魯冰是以生草收量爲最高當作指標，此種品種較適合幼年生茶園未採茶或台刈，或更新茶園整地後種植，對於成木茶園多季時期種植魯冰宜尋找較爲速生之品種，另一目的爲防止行間雜草之生長，其實魯冰翻埋不見得一定要等到開花期以後才埋入土中，可配合自己茶園之管理操作而作調整。近來有機茶園之耕作普遍被認爲有成本偏高之困擾。利用魯冰來減少有機質肥料之投入似爲一值得嚐試之方法，等於我們有必要再利用魯冰能固氮之優點。此外我們也必須尋找國外穩定的種子供應源。

五、結語

魯冰是人類寶貴之綠肥作物種原，它的耐酸及耐貧瘠能力是很多綠肥作物種類所沒有的。魯冰當作綠肥的缺點是不能像油菜撒在濕潤的土壤上就能萌芽生長，但是魯冰仍是屬於能體會辛勤工作才有報酬的人去種植才有收穫之綠肥作物。種植黃花魯冰會塑造美麗田園景觀與其他人共享，亦是造福別人及社會的一種方法。